
Creatividad, Investigación y
Lógica Transcursiva
LT
Dante Salatino
Guillermo Cuadrado
& Luis Gómez
EDITORES

Si se consigue que algo cicle
habrá álgebra.
Si mientras cicla se lo vincula a una idea
habrá topología algebraica.
Si además, se lo relaciona con un pensamiento
habrá Lógica Transcursiva.
Dante R. Salatino, 2017

CREATIVIDAD

INVESTIGACIÓN

LÓGICA TRANSCURSIVA

Auspicios

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo

Centro de Estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad. Facultad de Humanidades. Universidad de Valparaíso. Chile.

Centro de Filosofía, Ciencia y Epistemología. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo

Universidad Tecnológica Nacional

Rector: Ing. Héctor Carlos Brotto
Vicerrector: Ing. Pablo Andrés Rosso

Facultad Regional Mendoza

Decano: Esp. Ing. José Balacco
Vicedecano: Ing. Ricardo Antonio Fuentes
Secretaria Académica: Ing. Nidia Viviana Brusadin
Sub Secretaria Académica: Ing. Ana Tinnirello
Secretario Administrativo: Ing. Enrique Alberto Espeche
Secretario de Extensión Universitaria: Ing. Carlos Oscar Mallea
Secretario de Ciencia Tecnología y Posgrado: Esp. Ing. Gustavo José Mercado
Secretario de Asuntos Estudiantiles: Ing. Adrián Sierra

Comisión académica evaluadora de los trabajos

Dr. Dante Roberto Salatino (UNCuyo)
Esp. Ing. Guillermo Alberto Cuadrado (FRM-UTN, UNCuyo)
Lic. Luis Gómez (FRM-UTN, UNCuyo)

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Mendoza

CREATIVIDAD, INVESTIGACIÓN Y LÓGICA TRANSCURSIVA

Dante Salatino, Guillermo Cuadrado

& Luis Gómez
(Editores)

Facultad Regional Mendoza
Universidad Tecnológica Nacional

2017

CREATIVIDAD, INVESTIGACIÓN Y LÓGICA TRANSCURSIVA

Editores:
Dante Roberto Salatino
Guillermo Alberto Cuadrado
Luis Eduardo Gómez

Diseño de cubierta
Diego Andrés Salatino

Primera edición. Mendoza, 2017.

Impreso en Argentina - Printed in Argentina

Salatino, Dante Roberto
Creatividad, investigación y lógica transcursiva / Dante Roberto Salatino ; Guillermo Alberto Cuadrado ; Luis Eduardo Gómez. - 1a ed compendiada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza, 2017.
366 p. ; 21 x 15 cm.

ISBN 978-950-42-0179-3

1. Lógica. 2. Investigación. 3. Creatividad. I. Cuadrado, Guillermo Alberto II. Gómez, Luis Eduardo III. Título
CDD 510.711

ISBN 978-950-42-0179-3
Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

Grupo de Investigación en Matemática Aplicada
a la Ingeniería y Gestión (IEMI)
Facultad Regional Mendoza,
Universidad Tecnológica Nacional
Rodríguez 273, Ciudad
M5502JMA Mendoza, República Argentina

Índice

Nuestro conocimiento es necesariamente finito, mientras que nuestra ignorancia es necesariamente infinita.
K. Popper (1902 – 1994)

Prólogo

Guillermo A. Cuadrado

Es un hecho que las sociedades humanas están cambiando sus demandas, aspecto que requiere de los graduados universitarios tener ciertas habilidades, entre ellas la de generar nuevas ideas que resuelvan problemas de carácter científico-técnico con soluciones originales. Dicho brevemente, los nuevos profesionales deben ser creativos y saber investigar. Por ese motivo pareciera conveniente que la comunidad académico-científica ponga su atención en temas vinculados a la creatividad y la investigación y volcarlos en su propia actividad. En ese mismo sentido, este libro le ofrece a docentes y alumnos un conjunto variado de trabajos novedosos sobre la temática referida.

Un aspecto singular de esta publicación es la presentación de la lógica transcursiva como método. Ésta se basa en una modificación del concepto de realidad percibida y de cómo ésta influye en el comportamiento y la conducta de los sujetos, de acuerdo con las circunstancias. La interacción de índole organizativa que existe entre un sujeto y un objeto, ambos genéricos, determina la evolución dinámica de la realidad subjetiva. Este aspecto es ajeno a la ciencia tradicional, porque avala el punto de vista del sujeto observador.

La lógica transcursiva es un lenguaje universal que opera en forma cíclica, con varios nichos ontológicos (continentes) que representan la identidad en forma simultánea: sujeto, objeto, sujeto objetivo y sujeto subjetivo. De ese modo excluye la ambigüedad de la

relación entre sujeto y objeto. El interior de cada nicho ontológico forma una mono-contextura, allí existe una sola negación, rigen las reglas de la lógica binaria y las jerarquías. Pero la lógica transcursiva se ubica fuera de ese sistema, aspecto que le permite evaluar las cuatro contexturas indicadas en forma simultánea, por tal motivo esta lógica es policontextural y heterárquica.

Si bien el enfoque de la lógica transcursiva se apoya sobre la perspectiva de los hechos reales que tiene un sujeto, respeta dos de las ideas centrales en la ciencia, la unificación y la simetría. La primera demuestra que es posible que haya fenómenos aparentemente independientes que respondan a un único patrón relacional. En tanto que la segunda, la simetría, es uno de los principios rectores de la naturaleza.

Para distribuir los valores lógicos, la lógica transcursiva utiliza operadores booleanos. Además, constituye un autómata finito llamado *patrón autónomo universal* (*pau*). Y como cada forma de expresión de la identidad requiere de un tiempo propio, introduce un tiempo interno o psíquico, para suplir la falta de sincronización. De esta manera, esta lógica puede dar cuenta de la apariencia, en función de lo recóndito, como se muestra en varios de los trabajos aquí presentados.

Este libro está organizado en tres secciones: I. Creatividad, investigación y lógica transcursiva; II. Investigación y lógica transcursiva; y III. Creatividad. Los capítulos que integran cada una de estas secciones exponen temas muy variados, con perspectivas bastante novedosas en las temáticas abordadas. A propósito, esta obra reúne colaboraciones de varios académicos, muchos de ellos investigadores del Grupo de Investigación en Matemática Aplicada a la Ingeniería y

Gestión (IEMI), de la Facultad Regional Mendoza, UTN, que gestionó y financió su publicación.

La sección I, “Creatividad, investigación y lógica transcursiva”, agrupa seis capítulos. El primero presenta la Lógica Transcursiva como método auxiliar o complementario de la investigación, con una perspectiva que promueve la intuición y la imaginación creadora para encontrar respuestas a los interrogantes que plantea la ciencia. El capítulo segundo introduce la perspectiva de la lógica transcursiva en el Modelo de Brecha, que mide la calidad de los servicios. El mismo fue caracterizado con cuatro subgrupos relacionados con una transformación aparente que los organiza y una transformación oculta que los reorganiza. El trabajo muestra que en las organizaciones que aprenden: los cambios ocurren interactuando a través de *puntos de contacto* definidos; la calidad del servicio es responsabilidad de todos los participantes y, que el *aprendizaje organizacional* es el mecanismo de supervivencia y adaptación al contexto cambiante.

El tercer capítulo analiza ciertas relaciones entre las realidades objetiva y subjetiva que propone la lógica transcursiva. Luego atiende a la realidad académico-científica, en particular los planes de estudio y la investigación. El análisis de las situaciones académicas se realiza mediante patrones autónomos universales que permiten organizar la información de cada realidad estudiada. Mientras que el capítulo cuarto ofrece una perspectiva de la historia cultural que indaga sobre el uso de las matemáticas de la obra de M.C. Escher “El mapa y el universo”. Allí se plantea una periodización de cuatro fases asumidas por el artista para elaborar sus grabados, xilografías y dibujos. Estas representaciones revelan las concepciones matemáticas que usó el artista como

ordenador sintáctico. Esta clasificación y el auxilio de la lógica transcursiva revelan una aproximación de sentido sobre la vida creativa del artista.

En cambio, en el quinto capítulo la lógica transcursiva permite indagar el tiempo desde la subjetividad demostrando que es algo que no se puede saber. La afirmación se basa en una investigación neurofisiológica del sistema nervioso central que presenta la relación del tiempo psíquico (interno) con el tiempo cronológico (externo). Entre ambos se desarrolla una *cuña temporal* donde se llevan a cabo los procesos del aparato psíquico, de acuerdo con lo que indica el capítulo de cierta teoría y las pruebas empíricas de ese mecanismo temporal. El último de la sección es el capítulo sexto que presenta las continuidades y rupturas históricas de la revolución copernicana. En el mismo se desarrollan ciertos patrones autónomos universales de la lógica transcursiva que esquematizan el cambio teórico ocurrido al pasar de la teoría ptolemaica a la copernicana, que respeta la unidad y simetría del conocimiento científico. Allí se muestra que una revolución científica comporta rupturas simétricas con la tradición y continuidades con diferencias intrínsecas.

La sección II “Investigación y lógica transcursiva” con siete capítulos, presenta algunos temas clásicos en ciencia usando la visión de la lógica transcursiva, también se dan algunos de los fundamentos de ésta. El capítulo séptimo propone un nuevo enfoque del cartografiado de datos aplicado a la exposición electromagnética. Cada variable de un diseño factorial es seleccionada como objeto de estudio aplicando principio de simetría de los datos. Además, esa variable puede transformarse en otra latente, que revela un conocimiento subyacente que se manifiesta en un Diagrama de la Dualidad. El enfoque aquí presentado permite la construcción rápida de un

mapa de niveles de campo electromagnético sin referencia geográfica que caracteriza la cantidad de inmisión en zonas de un plano euclidiano. Este método tiene la ventaja de que los niveles de inmisión de los sitios medidos se representan con colores o tonos de grises. El capítulo octavo analiza los métodos estadísticos del trabajo anterior desde la perspectiva de la lógica transcursiva con la doble finalidad de: 1) facilitar su comprensión, señalado cuándo y cómo se usan y cómo se interpretan los resultados; 2) mostrar que con independencia del tema tratado, siempre existe un ‘patrón relacional mínimo’ que fundamenta al sistema objeto de estudio, desde el punto de vista estructural y funcional.

El noveno capítulo muestra el uso de la lógica transcursiva en una aplicación tecnológica que controla un motor paso a paso. En este caso esa lógica se programa y se ejecuta sobre un controlador lógico programable (PLC), cuyas salidas son mandos de una electrónica de potencia que actúa sobre los bobinados de un motor. Las acciones del Controlador PLC están dirigidas por un control supervisor y de adquisición de datos (SCADA) residente en una computadora personal que varía las revoluciones y el sentido de giro del motor. Mientras que el décimo capítulo proporciona ciertas nociones de las estructuras de grupo, morfismo y conexión de Galois, que permiten modelar variadas situaciones de diversas ciencias donde subyace la simetría. Además fundamentan los conceptos de lógica transcursiva como método de investigación posibilitando investigar campos científicos, aparentemente disjuntos, utilizando como nexo la noción matemática de función.

El capítulo décimo primero analiza ciertos fenómenos del electromagnetismo y las ecuaciones de Maxwell a la luz de la lógica transcursiva, para obtener representaciones

gráficas que los describan. Los patrones autónomos universales probaron ser útiles para representar fenómenos físicos, generar mapas conceptuales, para que se pongan en evidencia sus relaciones teóricas superficiales y profundas y justificar las inconsistencias teóricas. Por otra parte, el capítulo décimo segundo presenta un estudio de la medicina con una argumentación científica alternativa basada en la Lógica Transcursiva. Se aplicó para determinar el rol de un tratamiento endometrial polivalente en pacientes que padecían de 'fallo repetido de implantación', en un programa de ovodonación. Además, se planteó la dinámica de los procesos biológicos natural y alterado, evaluando los resultados empíricos, más allá de los hallazgos estadísticos. Mientras que el décimo tercer capítulo analiza el tema epistemológico de los enunciados cuasi-tautológicos, que serían difíciles de refutar. Para analizar el problema se usó el caso de la polilla del abedul, comparando primero dos posiciones epistemológicas y luego indagando con un patrón funcional de la lógica transcursiva. Al hallarse que los resultados de la epistemológica sistémica coincidían con los de la lógica transcursiva, confirmó a esta última como método para indagar la realidad.

La sección III tiene cuatro capítulos sobre "Creatividad". El capítulo décimo cuarto se refiere a la abducción formal usada como un método heurístico, rápido y fácil. El mismo permite encontrar más de una demostración de validez sintáctica de una forma argumental, cuando los procesos deductivos y de abducción formal convergen. El décimo quinto capítulo trata el estudio que Max Werthemier, fundador de la *Gestalttheorie*, realizó sobre el pensamiento de Albert Einstein cuando éste formuló la teoría de la relatividad. Werthemier considera el pensamiento productivo, como noción clave, que permite

obtener una visión interior sobre una situación-problema incluida dentro de una perspectiva más profunda. Mientras que el capítulo décimo sexto analiza ciertos elementos protagónicos que la imaginación y los experimentos mentales tuvieron en la construcción de la física moderna, en la obra *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuove scienze* (1638) de Galileo Galilei. Según los autores, las mayores contribuciones al conocimiento de Galileo no estarían en la noción de experimentación, sino en lúcidos ejercicios mentales. Para finalizar, el décimo séptimo capítulo exhibe un generalizado panorama psíquico del proceso creativo y de la creatividad, que se presenta como si fuera un lenguaje. Este enfoque semiótico destaca que la creatividad depende de ciertos aspectos esenciales comunes sin distinguir si esta se manifiesta en el arte o en la ciencia, por ello es independiente de los contextos de descubrimiento y de justificación. La lógica transcursiva accede a precisar el sustento psíquico de esos aspectos subjetivos específicos.

Mendoza, noviembre de 2017

***

Autores y Filiación

Redmond, Juan; Universidad de Valparaíso, Chile

Anzoise, Esteban; Universidad Tecnológica Nacional

Bernasconi, María; Universidad Nacional de Cuyo

Césari. Matilde; Universidad Tecnológica Nacional

Césari. Ricardo; Universidad Tecnológica Nacional

Cuadrado, Guillermo; FRM - UTN - UNCuyo

Gómez, Luis E.; FRM - UTN - UNCuyo

Masera, Gustavo A.; Universidad Nacional de Cuyo

Milone, Raúl; Universidad Nacional de Cuyo

Narváez, Ana María; FRM - UTN - UNCuyo

Ortiz, Ìtalo A.; Universidad Tecnológica Nacional

Puglesi, Alfredo E.; Universidad Nacional de Cuyo

Russo, Paolo; Universidad Nacional de Cuyo

Salatino, Dante R.; Universidad Nacional de Cuyo

Scaraffia, Cristina; Universidad Tecnológica Nacional

Tersoglio, Alberto E.; Centro Internacional de Reproducción Asistida

Vásquez, María G.; Universidad Nacional de Cuyo

* * *

CREATIVIDAD
INVESTIGACIÓN
LÓGICA TRANSCURSIVA

SECCIÓN 1

1. Lógica Transcursiva como método

Dante Roberto Salatino[1]

Resumen: La finalidad de este trabajo es presentar la Lógica Transcursiva como método auxiliar o complementario de investigación. Su enfoque difiere del método científico en general en que el proceso de investigación comienza o se sustenta en la perspectiva desde donde el sujeto observa la realidad. Esto, sin lugar a dudas, es la única manera de poner en relieve lo tantas veces proclamado por la ciencia objetiva y pocas veces aceptado, como es la intuición y la imaginación (creación) que conducen a encontrar una respuesta a los pequeños o grandes enigmas de nuestro mundo. Por otra parte, a poco que se reflexione, resultará evidente que no hay otro modo de crear nuevos conocimientos sobre un determinado tema. Se presentan aquí los distintos niveles de abordaje de la realidad por los que hay que 'transcurrir' si se pretende caracterizar cabalmente este fabuloso enigma que representa indagar sobre el marco de referencia en donde se desenvuelve nuestra vida.

Palabras claves: realidad, creatividad, investigación

1. Introducción

En 2009 la Lógica Transcursiva surge como una herramienta que permitió estudiar el origen, adquisición y producción de nuestro lenguaje natural. Además, posibilitó la delimitación de un 'espacio operativo', nuestro aparato psíquico, apto para procesar, registrar y distribuir lo percibido y para dar las respuestas acordes que terminan confiriendo sentido cabal a la realidad (2013).

Pero también, la Lógica Transcursiva, advino como método de investigación y es este el aspecto que vamos a desarrollar en este artículo.

---

1 Instituto de Filosofía – FFL - UNCuyo

2. El método científico

El método científico es el principal productor de conocimiento en ciencia. Basado en lo empírico y en la medición está sujeto a específicas reglas de razonamiento. (Newton, 1997, p. 461)

Toda investigación queda definida por un 'objeto de estudio' y por un método que posibilite su análisis.

El 'objeto de estudio' siempre tiene que ver con alguna porción de la realidad que se pretende estudiar, ya que la ciencia es en definitiva, una manera de observar la realidad.

La Lógica Transcursiva también constituye una manera de escrutar lo real, pero lo hace desde la perspectiva del sujeto y no solo desde las manifestaciones evidentes o aparentes que nos provee lo empírico.

Su calidad de 'científica' queda plasmada en las siguientes consideraciones. El conocimiento científico (el producto a lograr mediante una investigación) acepta dos variantes: la abstracta (basada en teorías) y la empírica (basada en los hechos). El método científico, por su parte, también admite un par de opciones: la validación y el descubrimiento. (Samaja, 2005, p. 41) Dado que un descubrimiento no es equiparable a los hechos ni la validación lo es a una teoría, es imperativo contemplar su 'producto lógico'. (Figura 1)

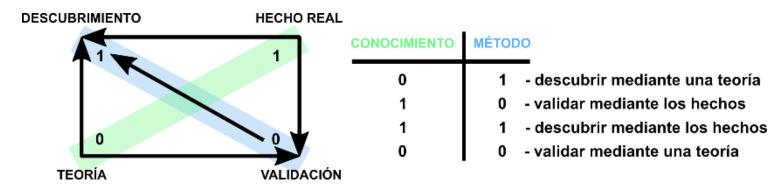


Fig. 1 *INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*

El esquema anterior sugiere que investigar siempre consiste en una combinación de procedimientos destinados a descubrir algo y de procedimientos para validar lo descubierto. Según esto entonces, no estaríamos faltando a la norma científica si utilizáramos un método que adecuándose al conocimiento científico que pretendemos lograr, nos provea de las herramientas necesarias para validar lo que logremos descubrir (diagonal en el esquema), lo que sería equivalente a descubrir mediante una teoría (código 01), como ocurre por ejemplo, con la física teórica.

3. Método transcursivo

Para abordar lo real desde la subjetividad humana, es decir, tal como vimos en el punto anterior, para descubrir mediante una teoría o validarla mediante un descubrimiento, necesariamente debemos prescindir de cualquier marco de referencia. El paradigma de esta exigencia está, quizás, en la teoría de la relatividad. Aquí, la luz no se sustenta en ningún sistema de referencia, pero a la vez, todos los sistemas de la física clásica se mueven en relación a ella. Además, es la forma que tiene la física relativista de lograr que todos los sistemas de referencia tengan un movimiento relativo nulo respecto a la luz (segundo principio de la teoría de la relatividad). (Salatino, 2017, p. 390)

La Lógica Transcursiva opera con su método de la misma forma que lo hace la luz, ya que al no tener ‘sistema de referencia’ acopla la realidad subjetiva a la realidad objetiva u observada, tanto globalmente como en forma restringida según sea la porción de ella que necesitemos investigar.

4. Realidad subjetiva

La realidad subjetiva es esa variación de la existencia a la que recurre todo ser vivo para que la materialidad que lo circunda pueda ser transformada en ‘conocimiento encarnado’. Piedra fundamental de toda experiencia y por ende, en la construcción de una historia. Desde allí, la vida apremia al sujeto con el transcurrir periódico, casi interminable de su historia que menos reniega enfáticamente de una identidad real con un plan preconcebido, que lo que se sustenta en una creencia, en el extremo evolutivo. Creer es la verdad última que le otorga la realidad a un sujeto cuando un hecho real tiene sentido; esto es, cuando rezuma la certeza absoluta que le permite sobrevivir pese a su embate y puede trocarla por estructura, con una clara intención de continuar construyendo.

> “En las circunstancias más elementales la única verdad es la vida.”

Lo estructural surgido de una incesante aproximación de las cosas al conocimiento, decanta su carácter identitario hacia la raigambre que termina con la diversidad tornadiza de la apariencia. La realidad subjetiva, entonces, hace manifiesto su fundamento dinámico cumpliendo la no nimia función de legitimar la identidad entre la unión de la diversidad aparente y la separación de sus coincidencias. Esta disolución del principio clásico permite ensamblar y hacer lícita una oposición donde antes había pura igualdad.

El antagonismo planteado no es excluyente como lo exige la parafernalia objetiva, sino conservador como lo sugiriera Hegel. Los opuestos, a la vez que complementarios, no comparten una dimensión común, sino un patrón relacional de sus propias dimensiones en donde la circunstancia de participar en una entidad

cualquiera es equivalente al ‘como si’ realmente lo fueran. Esta ambigüedad, absolutamente legítima, está en función tanto del sujeto como del objeto, por lo que ofrece mayores opciones que la eventualidad objetiva estable, al regenerar basada en el error, aspectos totalmente desconocidos de la realidad y proyectarlo a modo de un ‘lenguaje universal’.

La realidad subjetiva no tiene relación con las cosmovisiones religiosa, poética y metafísica que planteara Dilthey (1949) en sus ‘Ciencias del espíritu’, ni con paradigmas que estén sufriendo una actualización en un intento de sobreponerse a la obsolescencia de viejos esquemas. Tiene que ver con verdades o creencias, necesidades o deseos que nos hacen ‘ver’, en forma individual, un universo en el que se dirime nuestra vida, nuestro conocimiento y nuestro lenguaje natural. (Figura 2)

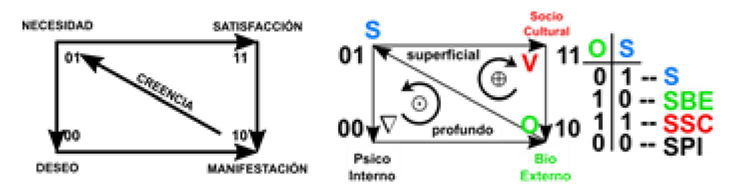


Fig. 2 *PAU DE LA REALIDAD SUBJETIVA*
Referencias: S: sujeto – O: objeto – V: transformación evidente
∇: transformación no evidente - ⊕: XOR - ⊙: XNOR (equivalencia)

En la Figura 2 vemos las interrelaciones que guardan los elementos fundamentales que dan base a la realidad subjetiva. Esto es, la *necesidad* (patrimonio del sujeto) y su opuesto y complementario, la *manifestación* de haber satisfecho (o no) dicha necesidad mediante el sistema bio-externo (SBE). El par anterior está mediado por otro par compuesto por el *deseo* (sistema psico-interno- SPI)

que demanda la *satisfacción* de esa necesidad (sistema sociocultural - SSC). Completa este PAU (patrón autónomo universal) o sintaxis de este ‘lenguaje universal’, la *creencia*, que no es otra cosa que la manifestación (respuesta) que certifica el haberle encontrado sentido a una necesidad. (Op. cit., p. 191)

En pos de satisfacer un deseo es que se atiende a una necesidad básica, cuya manifestación de cobertura puede ser positiva o negativa.

Cubrir una necesidad en forma positiva da lugar a una creencia que representa la ‘verdad’. Esto es, el haberle encontrado sentido a la exigencia proveniente desde el entorno y que atenta contra la solución que demanda la necesidad.

Hay por tanto, tres verdades: 1) la verdad biológica que le permite al sujeto seguir vivo y reproducirse; 2) la verdad psíquica que le permite armonizar con el entorno; y 3) la verdad social que lo faculta para ser considerado por los otros.

Los deseos y las creencias permiten construir nuestra estructura psíquica (Salatino, 2013, p. 181), es decir, nuestra historia y determina cómo abordamos la realidad objetiva.

5. Realidad objetiva

La realidad objetiva es aquel ámbito en donde reside el objeto, el conocimiento o representación que se tiene de él y el sujeto que adquiere ese conocimiento o crea esa representación.

La ciencia mediante criterios de verdad específicos trata de buscar la coincidencia entre una afirmación y los hechos para convalidar un conocimiento que señalará como objetivo. Otras pautas objetivas quedan al amparo

de las tablas de verdad de la lógica o de las correctas formulaciones matemáticas.

Cualquiera sea el caso hay distintas propuestas para abordar esta realidad objetiva. Una de ellas, tal vez la más sencilla de comprender es la realizada por Karl Popper mediante su 'doctrina de los tres mundos'. (Popper & Eccles, 1993, p. 43)

Mundo 1: el mundo de las entidades físicas.

Mundo 2: el mundo de los estados mentales, incluyendo entre ellos los estados de consciencia, las disposiciones psicológicas y los estados inconscientes.

Mundo 3: el mundo de los contenidos del pensamiento y de los productos de la mente humana.

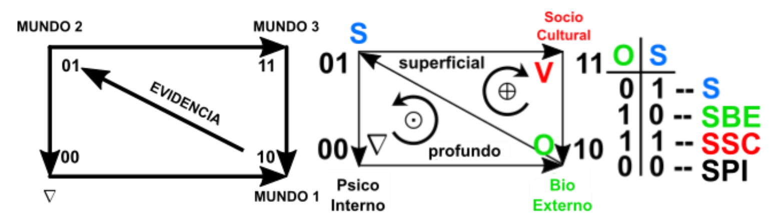


Fig. 3 *PAU DE LOS MUNDOS DE POPPER*

En la Figura 3 quedan plasmadas las relaciones que, según la Lógica Transcursiva, guardan los 'mundos popperianos'.

Popper teoriza sobre los 'mundos de conocimiento' y con ello alcanza para dejar plasmado en el PAU, su 'polo objetivo' (nivel superficial) o aquel que da cuenta de la evidencia. Esto es, del objeto, del conocimiento que se logra de él y del sujeto al que como mero objeto, se le asigna la adquisición de ese conocimiento. En este planteo lo subjetivo, en tanto tal, desaparece. En la figura anterior vemos que los códigos que estructuran el PAU

tiene la misma tabla de asignaciones que en caso de la realidad subjetiva. En el PAU de Popper, el nivel profundo representa a través de ∇ esta subjetividad que hace que sean posibles las manifestaciones evidentes de nuestro conocimiento.

Otra forma de dejar plasmada la realidad objetiva como objeto de estudio es el método de los 'niveles de abstracción'. Luciano Floridi (2017) los define como un conjunto de variables de tipo conocido, representables intuitivamente como una interfaz, la cual establece el alcance y el tipo de datos que estarán disponibles como recurso para la generación de información. A través de un 'nivel de abstracción' un agente de información (observador) accede a un ambiente físico o conceptual. Estos niveles no necesariamente deben ser jerárquicos para ser comparables entre sí. Son interfaces que median las relaciones epistémicas entre el observador y lo observado.

Las precisiones dadas en el párrafo anterior permiten que el tema sea abordado, como método, desde la LT.

Como resultado del análisis de un sistema se puede obtener un modelo que tenga en cuenta ciertos niveles de abstracción según el propósito del sistema estudiado. El método de abstracción (Floridi, 2008) es útil para especificar el significado del 'conocimiento indirecto', es decir, de aquel que se obtiene mediante la observación. También aporta una cantidad de información según en el nivel de abstracción en que nos ubiquemos, que será mayor mientras mayor sea ese nivel, con lo cual se cualifica la información extraída del sistema.

Por otro lado, los niveles de abstracción son el mejor 'antídoto' contra la ambigüedad y los errores. Obligan a que la teoría adoptada para respaldar el análisis del

sistema haga explícito y clarifique su compromiso ontológico, dado que determinan el rango de observables disponibles que permiten investigar el sistema bajo análisis y elaborar así un modelo que termina por identificar la estructura del sistema estudiado.

Según la propuesta de Floridi, un sistema que es analizado en distintos niveles de abstracción genera un modelo que permite identificar una determinada estructura que puede ser atribuida a dicho sistema.

Siguiendo estrictamente este esquema propuesto por Floridi, elaboraremos el PAU respectivo según la visión relacional de los elementos fundamentales que propicia la LT. (Figura 4)

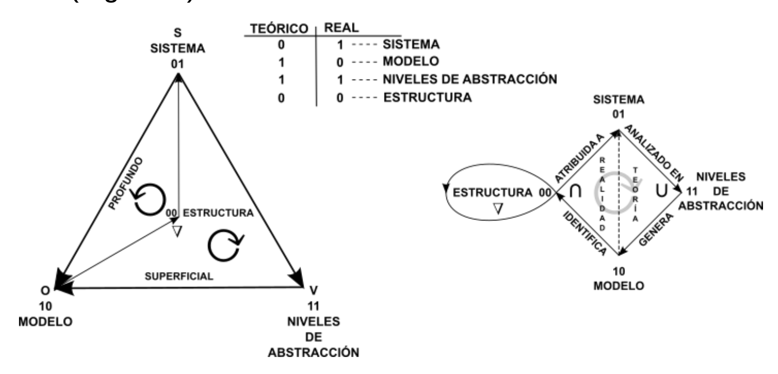


Fig. 4 *PAU DE LOS NIVELES DE ABSTRACCIÓN*
Referencias: S: sujeto – O: objeto – V: transformación evidente
∇: transformación no evidente

En la figura anterior se han dispuesto constituyendo un PAU los elementos que la LT considera como los fundamentales para explicar el funcionamiento de este tan interesante método.

Es sencillo percibir que los elementos básicos seleccionados coinciden plenamente con los propuestos

por Floridi, pero además, que hay ciertas dependencias relacionales que el modelo original no muestra.

La interrelaciones entre sistema, niveles de abstracción, modelo y estructura determinan dos niveles opuestos y complementarios que pueden constatarse en los códigos binarios de cada elemento, según lo muestra la tabla de asignaciones adjunta en la figura. Allí queda caracterizado un elemento real que representa la ‘realidad’ a estudiar: el sistema. Un elemento teórico: el modelo, que trata de representar de forma sucinta la realidad bajo estudio. Un conjunto de variables que definen determinados ‘niveles de abstracción’ de acuerdo al sistema estudiado y que sirve de ‘mediador’ entre el nivel real y el teórico. Por último, la estructura del sistema estudiado, algo que no se puede percibir por lo que tampoco se puede clasificar como real o teórico.

El nivel superficial está formado por la relación directa y evidente sistema-modelo mediada por los niveles de abstracción (unión lógica). Este nivel constituye lo que en investigación científica se llama ‘teoría’. Esto es, el conjunto de hipótesis que permite confeccionar el modelo en función de la observación del sistema bajo estudio.

Todo puede terminar con la sugerencia de una supuesta ‘teoría’ a menos que se pase al nivel profundo que está determinado por la relación indirecta y oculta modelo-sistema que permite desarmar la evidencia superficial y volverla a armar con el fin de lograr el máximo ajuste posible de lo teórico a lo real (intersección lógica). Cuando este ajuste alcanza el mayor grado de aproximación que se pueda lograr, podemos afirmar que el modelo teórico ha identificado una estructura específica que puede ser asignada al sistema real que estamos estudiando.

Puede ocurrir que a pesar de contar con una ‘estructura’ estable y considerablemente fidedigna, cuando se haga funcionar el modelo en la práctica, la información obtenida no esté muy de acuerdo con las observaciones empíricas. Es entonces cuando el nivel profundo cumple otra función, además de ‘encontrar’ la estructura correspondiente. Esta función consiste en ‘acomodar’ las interrelaciones que fueron establecidas entre el modelo, la estructura y el sistema, hasta que haya una mayor afinidad entre la teoría y la realidad.

El ajustar la ‘estructura’, base fundamental de cualquier sistema, permite no solo la simulación de sistemas (método de la caja negra) la cual no es más que una burda imitación, sino la emulación (método de la caja blanca) en donde podemos aventurarnos a bosquejar los procesos subyacentes que explicarían el funcionamiento del sistema real. Es aquí donde interviene la realidad subjetiva a través de ∇, que en el caso específico del modelo de Floridi, representa la estructura del sistema analizado.

Una forma alternativa de abordar la realidad objetiva está representada por la propuesta de Van Fraassen.

El filósofo estadounidense de origen neerlandés Bas Van Fraassen, especializado en Filosofía de la Ciencia y Lógica, define la simetría según lo hizo Noether (1918) pero la propone como guía para la caracterización de una teoría científica. La considera como la clave principal para comprender el mundo construido teóricamente a través de un modelo (Van Fraassen, 1989).

Veamos un ejemplo genérico (Van Fraassen, op. cit., p. 259)

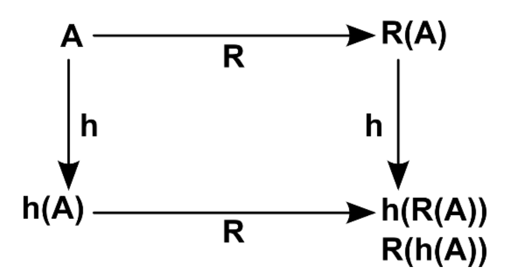


Fig. 5 *PAU DE LA SIMETRÍA*

Nos dice Van Fraassen: si tenemos una regla (R) para resolver un problema determinado (A), la aplicación de esa regla arrojará como salida su solución (R(A)). Pero también, disponemos de otra transformación (h) que al aplicarla hace que el problema, esencialmente, vuelva a ser el mismo. Si un problema concreto con una entrada A es modificado por la transformación (h) se convierte en el problema con la entrada h(A). En el vértice inferior derecho del esquema tenemos dos salidas: la salida original transformada y la salida del problema transformado. Pero, si los dos problemas son esencialmente el mismo, luego las dos soluciones también lo son. Se cumple así con el requerimiento de simetría: h(R(A)) = R(h(A)). El problema sigue siendo el mismo luego de haber encontrado una solución. (Principio de invariancia)

Sus aportes se centran en proyectar el concepto de simetría más allá de la física o de las matemáticas, intentando su aplicación a cualquier teoría científica, sugiriendo que ‘problemas similares tienen soluciones similares’. Por otro lado, establece como método el individualizar los rasgos o aspectos relevantes de la solución, aunque no especifica cómo hacerlo.

Lo anterior es el principal requerimiento de la simetría; la metodología para generar argumentos de simetría. Para

ponerlo de otra manera: una vez que los parámetros relevantes han sido aislados, la solución consiste en una regla (una función) que depende solo de esos parámetros; lo que equivale a decir que, desde el punto de vista metodológico, se ha aislado el objeto de estudio. (Salatino, 2015).

La entrada h(A) es la que posibilita el ciclado fuente de la simetría de reflexión de este grupo pergeñado por Van Fraassen. Es aquí donde debería estar el aporte subjetivo para que todo este esquema que deja constancia de una concreta realidad objetiva, tenga un factor determinante y reorganizador que justifique la dinámica de su evolución en el tiempo.

6. Realidad acotada

Ninguna rama de la ciencia es exhaustiva, sino que se dedica a indagar una fracción de nuestra realidad. De hecho, hoy esa parcelación es mucho más notoria que en el S. XVII, dada la gran cantidad y la calidad de conocimientos que hemos logrado. Paradójicamente, no faltan los problemas de desconexión entre esas muy diversas áreas de investigación.

No obstante, la profundidad del conocimiento adquirido no es óbice para que no importando el área de que se trate, el abordaje científico sea siempre el mismo.

La Lógica Transcursiva posee el método y la herramienta para que lo anterior sea posible.

Aislar la estructura esencial o relevante de un fenómeno es equivalente a definir un grupo de transformaciones que una vez aplicadas dejan el problema, esencialmente, en la misma situación desde donde se partió (invariancia). El conjunto de esas transformaciones son las simetrías del problema. En LT, con los aspectos esenciales se

conforma un grupo (una disposición lógico-estructural) al que llamamos PAU (Patrón Autónomo Universal) (Figura 6), y la solución consiste en una regla (una función) que depende solo de esos parámetros básicos.

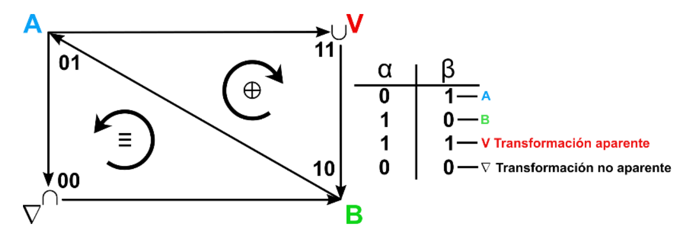


Fig. 6 *PAU DE LA REALIDAD ACOTADA*

En la figura anterior vemos dos aspectos esenciales de un fenómeno cualquiera (A y B) y las relaciones que guardan entre sí mediante dos transformaciones: una superficial o aparente (V) y otra oculta o profunda (∇). La manera que tenemos para identificar cada uno de estos elementos es mediante la individualización de alguna característica que le sea propia a cada aspecto esencial (α y β). Según los códigos binarios resultantes, tenemos que A se identifica por tener la característica β, pero no la α. Por el contrario, B se identifica por poseer la característica α, pero no la β; esto nos está diciendo que A y B son opuestos con respecto a las características α y β, que son excluyentes. Las transformaciones se distinguen porque, la superficial (V) posee ambas características (α y β) de los aspectos que relaciona (A y B), es lo que denominamos co-presencia u organización, o lo que se evidencia en cualquier fenómeno que está siendo observado.

La transformación profunda (∇), por su parte, muestra una ausencia total de las características que identifican los aspectos que relaciona (co-ausencia o desorganización).

Como vemos, tal como ocurre con los aspectos esenciales (A y B), aquí las transformaciones V y ∇ son opuestas; pero además, ambos pares son complementarios, ya que sumados dan la unidad aparente (11), que no es otra cosa que la transformación evidente o superficial (la organización). Queda así conformada una oposición mediada por otra oposición. (Conexión de Galois)

En el esquema de la figura se observa que entre A y B existe, además de la relación indirecta, mediada por una transformación que hemos descrito, una relación directa entre ellos que es compartida por los dos ciclos que quedan conformados: uno superficial de giro dextrógiro (en el sentido horario) que representa las simetrías de rotación del sistema y constituye el 'polo objetivo', y uno profundo de giro levógiro (en el sentido antihorario) que es una evidencia de las simetrías de reflexión de nuestro patrón universal y representa al 'polo subjetivo'. Los giros opuestos constituyen otro modo de complementariedad que asegura la simultaneidad en la operación de ambos ciclos, en donde, tanto los aspectos cuantitativos como los cualitativos de cualquier hecho real deben estar presentes al mismo tiempo.

Finalmente, para que todo el sistema no sea solo una estructura inerte, debe existir una regla o función que lo ponga en movimiento. Esta regla (⊕) permite 'desplazar' superficialmente, hacia la derecha (transformación cuantitativa o aparente), haciendo uso de las características que ayudan a identificar cada elemento del sistema, cada uno de esos elementos para ocupar el lugar de su sucesor en la secuencia, sin perder por eso su propia identidad (simetría de rotación), hasta que el sistema vuelva al comienzo desde donde partió. Con la operación anterior, suponemos que hemos alcanzado la

solución del problema planteado por los aspectos observables de un hecho real. A nivel profundo, y como no podría ser de otra manera, la regla o función utilizada es la opuesta a la superficial (≡), la cual permite desplazar hacia la izquierda los elementos del sistema ; aquí, cuando el sistema vuelve a la disposición original, luego de las sucesivas transformaciones cualitativas, obtenemos la completa solución al problema (simetría de reflexión). En definitiva, es este nivel, el de los aspectos que caracterizan un fenómeno, el determinante de lo que nos muestra en apariencia un hecho real. Lo que unifica los dos niveles es la experiencia que surge al haber solucionado un problema determinado.

7. Conclusiones

Como hemos visto, analizar la realidad desde el punto de vista científico requiere que sean explorados, al menos, tres niveles: El de la ‘realidad subjetiva’ que en este trabajo se postula como el sustento y determinante de los otros niveles, que se basa en una ‘creencia’. El de la ‘realidad objetiva’ que es el nivel abordado tradicionalmente por la ciencia y en donde se puede optar por distintas formas o teorías desde donde observar y medir lo real, que se basa en la evidencia. Y el de la ‘realidad acotada’ en donde se explora y se pone en valor el objeto de estudio de una investigación, que se basa en la experiencia.

El 'hilo conductor’: ‘creencia → evidencia → experiencia’ constituye, a su vez, un PAU que ensambla los elementos fundamentales de toda investigación (Figura 7)

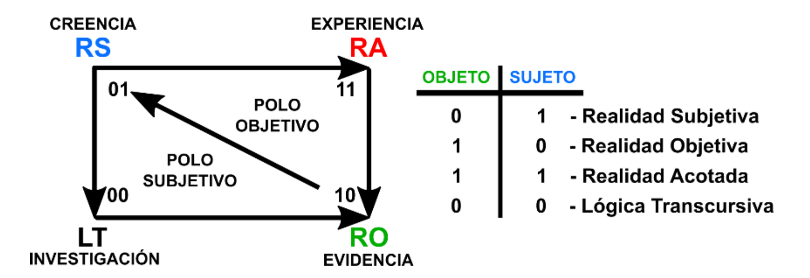


Fig. 7 *PAU DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*

La Figura 8 resume todo lo analizado. Este esquema muestra la dependencia entre los niveles explorados de la realidad. Como se puede apreciar, la dependencia no es jerárquica, sino heterárquica (simultánea) y fractal.

Además, queda claro que todos los niveles se sustentan en su polo subjetivo, el que es 'heredado' del nivel previo. Esta disposición pone en relieve que toda investigación es un proceso dinámico y evolutivo, en donde el sujeto que investiga y su dominio constituyen el eje principal. Sin embargo, esto no es un impedimento para que este planteo sea considerado, bajo cualquier aspecto, como científico.

De esta manera, la Lógica Transcursiva, se perfila como un complemento indispensable en cualquier proceso de investigación ya que permite que aflore la creatividad que suele acompañar a todo libre pensador.

El método científico tradicional, sin ser obligatorio ni una garantía absoluta de resultados exitosos, depende exclusivamente, de la disposición creativa para ser llevado a cabo. De poco serviría como método si no le fuera posible encausar esta creatividad. La Lógica Transcursiva posibilita la delimitación de los elementos fundamentales que intervienen en cualquier enfoque original que se haga de la realidad, para que luego, sobre

ellos se pueda aplicar el riguroso proceso de análisis, de organización del material disponible, de ordenamiento y de crítica de las ideas que exige la metodología vigente para que lo que se obtenga sea un conocimiento científico válido.

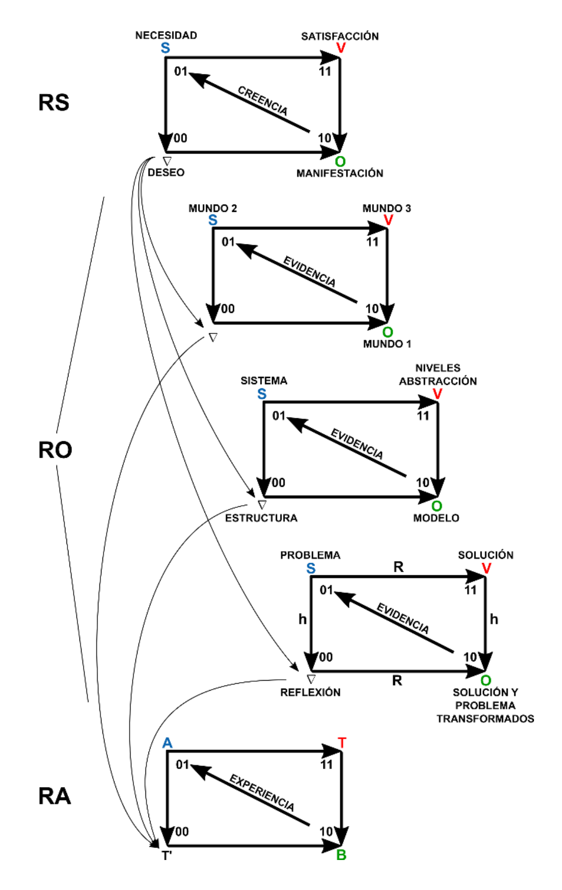


Fig. 8 *PAU^S DEL ANÁLISIS DE LA REALIDAD*
Referencias: S: sujeto – O: objeto – V/T: transformación aparente
▽/T': transformación no aparente – RS: realidad subjetiva
RO: realidad objetiva – RA: realidad acotada

Referencias:

Dilthey, W. (1949). *Introducción a las ciencias del espíritu*. México, Fondo de Cultura Económica.

Floridi, L. (2008). *The Method of Levels of Abstraction*. Minds and Machines, Volume 18, Issue 3, pp. 303-329.

Floridi, L. (2017). *Semantic Conceptions of Information*. The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2017 Edition), Edward N. Zalta. https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/information-semantic/.

Newton, I. (1997 – 1687). *Principios matemáticos de la Filosofía Natural*. Buenos Aires, Ediciones Altaya S. A.

Noether, E. (1918). *Invariante Variationsprobleme*, Nachr. d. König. Gesellsch. d. Wiss.zu Göttingen, Math-phys. Klasse, s. 235-257

Popper, K. R.; Eccles, J. C. (1993). *El yo y su cerebro*. Barcelona, España, Editorial Labor, S. A.

Salatino, D. R. (2009). *Semiótica de los sistemas reales* – Tesis Doctoral en Letras – Facultad de Filosofía y Letras – Universidad Nacional de Cuyo - Mendoza, Argentina.

Salatino, D. R. (2013). *Psiquis – Estructura y función –* Mendoza, Argentina – Autoedición. ISBN: 978-987-33-3808-3.

Salatino, D. R. (2017). *Tratado de Lógica Transcursiva. Origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva.* Mendoza, Argentina, 1ª Autoedición. ISBN: 978-987-42-5099-5.

Samaja, J. (2005). *Epistemología y Metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*. Bs. As.: Eudeba.

Tersoglio, A. E.; Salatino, D. R.; et al. (2015). *Repeated implantation failure in oocyte donation. What to do to improve the endometrial receptivity?* – JBRA Assist. Reprod. – V.19, Nº 2, pp. 44-52.

Van Fraassen, B. C. (1989). *Laws and Symmetry* – Clarendon Press, Oxford.

* * *

2. El Modelo de Brecha desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Implicancias para su aplicación

Esteban Anzoise[2]; Cristina A. Scaraffia[3]

Resumen: El propósito de este trabajo es analizar el Modelo de Brecha, que sustenta la medición de calidad de servicios mediante el instrumento denominado SERVQUAL®, desde el punto de vista de la Lógica Transcursiva. Se realizó un análisis comparativo entre el patrón relacional sustentado por la Lógica Transcursiva denominado Patrón Autónomo Universal (PAU) y la secuencia de operaciones incluidas en el Modelo de Brecha. Como principal resultado se logró identificar en el Modelo de Brecha cuatro subgrupos superficiales formados por elementos estáticos identificados por sus respectivos códigos relacionados con una transformación aparente que los organiza y una transformación oculta que los reorganiza. Como principal conclusión, este análisis provee soporte a los postulados de la Escuela de Teoría General de Sistemas cuando postula la existencia de "organizaciones que aprenden" al mostrar el proceso de cambio que sucede luego de la interacción con el mundo exterior a través de los puntos de Contacto definidos. Igualmente muestra que la organización interactúa a través de procedimientos normados por lo que la calidad de servicio es responsabilidad de todos como lo sostiene el modelo de Gestión de Calidad Total. Finalmente, provee soporte al concepto de Aprendizaje Organizacional como mecanismo de adaptación al contexto cambiante y la supervivencia.

Palabras claves: modelo de brecha, SERVQUAL, calidad, servicios, Lógica Transcursiva

---

2 Grupo IEMI, F. R. Mendoza, UTN

3 Grupo IEMI, F. R. Mendoza, UTN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Las diferentes perspectivas de la calidad

El concepto de calidad se define al menos desde tres diferentes perspectivas: "calidad como un suministro limitado", "calidad desde el punto de vista de la misión institucional", y "calidad en el valor agregado" (Anzoise, 2006). El Diccionario de la Lengua Española publicado por la Real Academia Española provee la primera definición aceptada de calidad. Esta fuente reporta nueve significados de la palabra calidad. Uno de dichos significados lo expresa como "propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor" (Real Academia Española, 2001, p. 45).

Esta primera definición provee una visión de la calidad desde el punto de vista del consenso social. Una segunda perspectiva de calidad descansa en el punto de vista platónico. En el universo platónico, la gente descubre la calidad a través del diálogo lo que permite la aproximación a una definición ideal de calidad. Desde esta perspectiva existe un único modelo que conlleva el producto o servicio ideal. En la práctica, este modelo ha sido la idea de alguien de lo que es el mejor producto o servicio. Esta perspectiva involucra un sentido de elitismo y rigidez que deriva en una homogeneización de productos y servicios líderes en el mercado, copias de productos o servicios que lideran el mercado, y un desprecio por productos o servicios que son radicalmente diferentes.

La Teoría de la Oferta Limitada está basada en esta segunda definición de calidad. Las definiciones de calidad de Robert M. Pirsing en su libro *Zen y el arte del mantenimiento de la motocicleta* y de Barbara W.

Tuchman en su artículo “La declinación de la calidad” se pueden encuadrar dentro de la Teoría de la Oferta Limitada. La tercera definición de calidad acepta la idea de un paradigma, pero define calidad como un éxito o cómo alcanzar lo buscado. Esta perspectiva considera que la calidad de un producto o servicio es función de la efectividad con la cual el producto o servicio alcanza el objetivo para el cuál fue diseñado. Por ello, uno puede esperar encontrar calidad en diferentes productos o servicios del mismo tipo.

Las teorías de Calidad en la Misión y la Calidad en el Valor Agregado están relacionadas con esta tercera definición de calidad. La Teoría de la Calidad en la Misión ve el potencial para una calidad elevada en la variedad de definiciones de misión para las organizaciones y cómo la calidad está relacionada con dicha misión. Esta teoría limita el significado de calidad a obtener resultados acordes a las especificaciones de la misión de la organización y a alcanzar los objetivos de acuerdo a los postulados de Philip B. Crosby. Crosby enuncia en su libro *Calidad sin lágrimas* que “calidad tiene que ser definida como la conformidad a los requerimientos y no a lo que se debe hacer” [*quality has to be defined as conformance to requirements, not as goodness*] (Crosby, 1984, p. 64). En la misma perspectiva puede encuadrarse la definición de calidad provista por Harold L. Gilmore cuando expresa que “calidad es el grado con el cuál un producto específico está de acuerdo con un proyecto o especificaciones“ (Gilmore, 1974, p. 16).

Finalmente, la Teoría del Valor Agregado se encuentra también en contraste con el punto de vista de la calidad basada en la reputación y en la calidad de los recursos. Esta teoría define calidad en función del valor agregado por el producto o el servicio. Desde esta perspectiva, se

define valor como la relación entre lo recibido por el cliente (resultado de un proceso y la calidad asociada al mismo) y lo que el cliente tiene que dar para acceder al producto o servicio (precio a pagar y el costo de acceder a dicho bien o servicio dado por el tiempo, esfuerzo y costo síquico involucrado).

En la actualidad siguen coexistiendo las tres teorías y no es posible llegar a una única definición de calidad (Anzoise, 2007). Por ello, solamente la percepción de la calidad del servicio brindado permite evaluar cómo el proveedor de dicho servicio satisface las expectativas existentes sobre cómo dicho servicio debe brindarse (Valarie A. Zeithaml, Parasuraman, & Berry, 1993). En el presente trabajo, el análisis de la calidad de servicio al cliente se realizará desde el punto de vista de la Teoría del Valor Agregado.

1.2. La importancia de medir la calidad

La calidad surge como una ventaja competitiva al establecerse la perspectiva japonesa del concepto de Calidad Total en las Organizaciones [*Total Quality Management*] como la clave para el resurgimiento de las empresas japonesas en el mercado internacional (Goetsch & Davis, 2014; Juran, 1952, 1974). Dado que la calidad de servicio está estrechamente relacionada con los niveles de rentabilidad de las organizaciones (Zeithaml, Bitner, and Gremler 2006), las empresas ubicadas en el sector servicio deben medir permanente su desempeño en relación con las competencias para poder mantener y diferenciar el servicio ofrecido.

Desde el punto de vista de la Teoría del Valor Agregado, la calidad del servicio ofrecido por una organización se define en términos de alcanzar o superar las expectativas de los destinatarios del proceso. En el marco de este

paradigma encontramos definiciones tales como “Calidad significa lo mejor para ciertas condiciones del cliente”. Estas condiciones son: a) el uso actual y b) el precio de venta del producto” (Feigenbeum, 1961, p. 1); y “La calidad es la adecuación para el uso satisfaciendo las necesidades del cliente" (Juran, 1974, pp.2-2).

Diversos paradigmas han surgido para poder realizar dichas mediciones (Berry, 2016). Entre los más difundidos en el área de investigación de los servicios se hallan: SERVQUAL® (Parasuraman et al. 1988) and SERVPERF (Cronin and Taylor 1992). SERVQUAL® puede describirse como el paradigma de la disconformidad ya que se basa en la comparación de las percepciones del servicio con las expectativas del cliente. Por el contrario, SERVPERF puede describirse como el paradigma basado solo en el rendimiento o performance del servicio ofrecido ya que mide solamente la performance de los distintos aspectos del servicio. Este estudio se focalizará en el análisis del modelo propuesto por SERVQUAL® desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva.

El Modelo de Brecha fue desarrollado por A. Parasuraman, Valarie A. Zeithaml and Leonard L. Berry a través de un programa sistemático de investigación desarrollado entre 1983 y 1988. Este modelo se desarrolló a partir de la teoría de expectativa – disconformidad relacionada con la satisfacción del cliente (Churchill & Surprenant, 1982; Grönroos, 1982; Lewis & Booms, 1982; Oliver) y los estudios exploratorios previos de las dimensiones de la calidad de servicio (Grönroos, 1982; Sasser, Olsen, & Wyckoff, 1978).

El modelo identifica las principales dimensiones o componentes de la calidad de servicio, propone un procedimiento basado en un cuestionario para medir la

calidad de servicio (SERVQUAL®) y sugiere posibles causas de los problemas de la calidad en los servicios.

Una empresa en el sector de servicios se diseña para poder proporcionar el servicio prometido al cliente siguiendo una secuencia de procesos como se muestra en el gráfico 1.

A partir de la percepción de la gerencia sobre las necesidades de los clientes se inicia el diseño de procesos y subprocesos para poder proporcionar el servicio prometido. El diseño resultante junto con los indicadores de proceso asociados es transferido a la fuerza laboral de la organización en sus diferentes niveles mediante horas asignadas de entrenamiento supervisado.

El servicio esperado es comunicado a los clientes a través de diferentes canales. Finalmente, la organización interactúa con el cliente a través de numerosos puntos de contacto, próximos o lejanos, y a través de los empleados en contacto con ellos (identificados como la primera línea de satisfacción) para proporcionar el servicio prometido y superar las expectativas detectadas de los clientes (Collier, 1994).

El Cono del Punto de Encuentro es una representación gráfica de la secuencia de pasos enunciados anteriormente para el planeamiento y ejecución de los diferentes puntos de encuentro diseñados (ver gráfico 2).

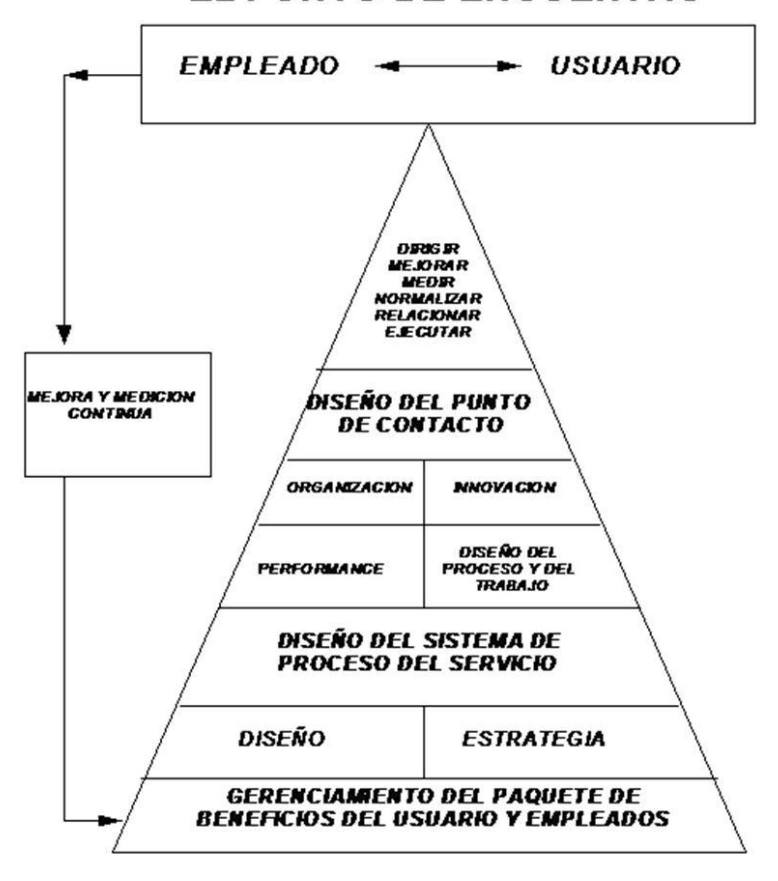


Gráfico 1: Cono del Punto de encuentro.

Fuente: Adaptado de Collier, D. A. (1994), The Service/Quality Solution: Using Service Management to Gain Competitive Advantage, página 62, Milwaukee, WI: Irwin Professional Publishing. Copyright Irwin Professional Publishing, 1994.

El estudio desarrollado por Parasuraman, Zeithaml y Berry muestra que el diseño de la organización no es perfecto. El modelo que surge de dicha investigación propone la existencia de cinco brechas o divergencias entre lo esperado y lo que realmente pasa en la realidad a lo largo de todo el proceso de generar y proveer un servicio determinado por parte de una organización.

Luego de refinado el modelo, se halla que cinco dimensiones permiten analizar la calidad de servicio en un amplio espectro de servicios. Desde la perspectiva del cliente, la calidad de servicio diferencia entre calidad requerida o esperada y calidad percibida. La calidad requerida, también denominada expectativas de los clientes, es el nivel de calidad que los clientes explícita o implícitamente demandan y esperan del servicio al cual acceden.

La calidad esperada se forma en la mente de los clientes principalmente por la experiencia previa del cliente con el servicio bajo análisis; la experiencia de otros usuarios; las necesidades existentes y la imagen de la organización creada a través de los diferentes canales de comunicación. La calidad percibida se define como la impresión creada en el cliente por cualquier punto de contacto de la organización[4] sobre el nivel de calidad del servicio experimentado. La diferencia entre la calidad esperada o requerida y la calidad percibida se define como la brecha 5. Las restantes brechas muestran la diferencia entre: 1) las expectativas de los clientes y la percepción de quienes gerencian el servicio ofrecido (Brecha 1); 2) la percepción de quienes gerencian el servicio ofrecido y las especificaciones del servicio a ofrecer (Brecha 2); 3) las especificaciones del servicio a ofrecer y el servicio realmente ofrecido (Brecha 3); y 4) el servicio realmente ofrecido y lo que se comunica a los usuarios sobre el mismo (Brecha 4) como se muestra en el gráfico 2.

---

[4] Nota del autor: El punto de Encuentro se define como “el Momento de la Verdad y es todo episodio durante el cual el cliente se pone en contacto con cualquier aspecto de la compañía, aunque sea remoto y le da la oportunidad de formarse una impresión de la misma” (Carlzon, 1989)

USUARIO

COMUNICACIÓN BOCA A BOCA

NECESIDADES PERSONALES

EXPERIENCIA PASADA

SERVICIO ESPERADO

GAP 5

SERVICIO RECIBIDO

GAP 1

ENTREGA DEL SERVICIO (PRE Y POST CONTACTO)

COMUNICACIONES AL CONSUMIDOR

GAP 4

GAP 3

TRADUCCIÓN DE PERCEPCIONES EN ESPECIFICACIONES DE CALIDAD

GAP 2

PERCEPCIÓN DE LA GERENCIA SOBRE LAS EXPECTATIVAS

PROVEEDOR

Gráfico 2: Modelo GAP

Fuente: Adaptado de Zeithaml, V. A., Parasuraman, A., & Berry, L. L. (1990). Calidad total en la gestión de servicios: Cómo lograr el equilibrio entre las percepciones y las expectativas de los consumidores (C. L. S. Soriano, Trans.). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S. A.

La brecha 5 es la de mayor impacto ya que es la que forma la valoración de la calidad del servicio recibido en la mente del usuario (Valarie A. Zeithaml et al., 1993) y su valor es función de las restantes cuatro. Esta brecha es la base conceptual para

el instrumento de medición en formato de cuestionario estandarizado denominado SERVQUAL® (Hernon & Whitman, 2000; Valarie A. Zeithaml et al., 1993) con propiedades psicométricas estables y ampliamente validadas (Parasuraman, Berry, & Zeithaml, 1985, 1991; Parasuraman, Zeithaml, & Berry, 1988). El gráfico 3 muestra la relación entre la brecha 5 y las dimensiones que caracterizan la calidad del servicio en el modelo heurístico propuesto por Zeithaml para propósitos de decidir en el ámbito de la gestión organizacional (Collier, 1994; Vlarie A. Zeithaml, Parasuraman, & Berry, 1990).

USUARIO
COMUNICACIÓN BOCA A BOCA
NECESIDADES PERSONALES
EXPERIENCIA PASADA
COMUNICACIONES AL CONSUMIDOR
Elementos tangibles
Confiabilidad
Capacidad de respuesta
Seguridad
Empatía
SERVICIO ESPERADO
BRECHA 5
SERVICIO PERCIBIDO
ENTREGA DEL SERVICIO (PRE Y POST CONTACTO)
PROVEEDOR

Gráfico 3: La Brecha 5 y las dimensiones de la calidad de servicio
Fuente: Reproducido de Anzoise, E. (2007). *CALIDAD Y LA MEJORA CONTINUA*. Mendoza: Facultad Regional Mendoza - UTN

SERVQUAL® fue introducido en 1988 y se ha establecido como uno de cuestionarios estandarizados más aceptado

para medir calidad de servicio en diferentes áreas. Consiste en 22 pares de preguntas que el usuario debe responder utilizando una escala Likert de nueve puntos. Las primeras 22 preguntas miden que tan esencial es el aspecto considerado para lograr la excelencia en la provisión del servicio. El segundo grupo de 22 preguntas, idénticas al primer grupo – miden la percepción del usuario sobre el nivel de calidad de servicio dado por la institución bajo análisis. Para cada par de preguntas consideradas, la diferencia entre la percepción esperada y la percibida se calcula y el valor promedio de dichas diferencias da el valor total de calidad para el servicio bajo análisis. Este conjunto de 22 pares de preguntas mide cinco dimensiones que caracterizan la calidad del servicio en general. Dichas dimensiones son: 1) Elementos tangibles (infraestructura, equipamiento, apariencia del personal que provee el servicio); 2) Confiabilidad (habilidad para proveer el servicio sin fallas y como fue solicitado); 3) Capacidad de respuesta (voluntad para ayudar al destinatario del servicio y proveer un servicio rápido); 4) Seguridad (conocimiento exhibido sobre el servicio y habilidad de los empleados para inspirar confianza); y 5) Empatía (consideración hacia las necesidades del usuario) (Valarie A. Zeithaml et al., 1993).

Diferentes estudios han validado la existencia de dichas dimensiones con hallazgos similares en áreas como hospitales (Youssef, Nel, & Bovaird, 1995), líneas aéreas (Frost & M., 2001), bancos (Jabnoun & Al-Tamimi, 2003), sistemas de información (Kettinger & Lee, 1995), educación superior (Franco Espejel, 2003; Hair, 2006; Nitecki & Hernon, 2000; Rolo Alves & Vieira, 2006; Ruby, 1998), (Anzoise, 1997; Anzoise, Pérez, Urdaniz, & Guevara, 1997; Hughey, Chawla, & Kahn, 2003) y

organizaciones gubernamentales (Wisniewski & Donnelly, 1996) entre otros.

2. ENFOQUE TRANSCURSIVO

Desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva (LT) se propone la existencia de un modelo relacional, del género de Modelo Autómata Finito Determinista No Sincrónico, denominado Patrón Autónomo Universal (PAU) de validez universal. Este modelo relacional establece una correspondencia particular entre dos subgrupos: uno superficial formado por elementos estáticos perfectamente identificados por un código binario y la transformación aparente que los relaciona; y el otro de naturaleza profunda formado por los mismos elementos estáticos pero ahora con una transformación oculta que los desorganiza para reorganizarlos en un siguiente estado produciendo una evolución adaptativa frente a las demandas del marco de referencia planteado en el contexto de investigación definido. Este modelo así propuesto permitiría describir la relación entre los diferentes componentes de fenómenos sociales y naturales tales como biología, filosofía, psicología, economía, física y literatura (Salatino, 2017a, 2017b).

Para el área social, la LT propone un modelo definido por cuatro elementos: dos de ellos de naturaleza estática identificados como Sujeto (S) la unidad biológica con capacidad para introspección y para interactuar con el mundo en forma independiente; y Observador (O) como el Sujeto que existe en un Sistema Bio-Externo (SBE), toma distancia de la realidad y del Sujeto al considerarlo un ente distinto y recopila la información resultante de la interacción del Sujeto con el contexto. Como tercer elemento identifica el Sistema Socio-Cultural (SSC) o contexto externo, que provee la transformación superficial y aparente, con el cual el Sujeto interactúa desarrollando

cierto comportamiento en respuesta al estímulo que ofrece dicho sistema externo y percibiendo parte de la realidad por la existencia de determinados filtros mentales. Finalmente, como cuarto elemento identifica el Sistema Psico-Interno (SPI) que reside en el interior del Sujeto donde se procesa la percepción del mundo externo luego de cada interacción con el mismo y se genera una 'nueva visión' del mundo que transforma al observador (gráfico 4). La tabla 1 muestra las condiciones lógicas asignadas a cada estado del modelo planteado donde la transición entre los diferentes estados depende del resultado de la transición anterior.

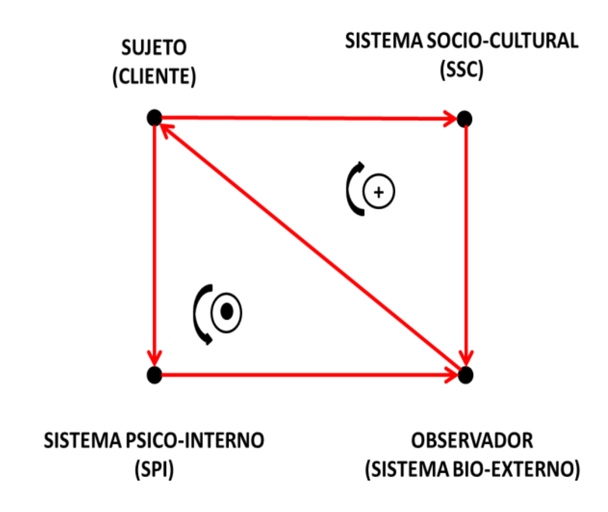


Gráfico 4: Esquema del Patrón Autónomo Universal para el área social

Fuente: Adaptado de *Salatino, D. R. (2017a). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects.* International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3*(2), 18*

Tabla 1: Relación lógica entre los componentes del modelo social de la LT

OBSERVADOR	SUJETO	DESCRIPTOR
0	1	El Sujeto surge como referencia y es independiente del Observador
1	0	El Observador existe en el Sistema Bio-Externo (SBE) y ve al Sujeto como un ente distinto
1	1	El Observador existe y ve al sujeto como parte de un Sistema Socio-Cultural (SSC) donde interactúa en una relación estímulo - respuesta
0	0	El Sujeto se aleja del mundo externo y reflexiona sobre sí mismo y su aprendizaje del mundo exterior. Dicha reflexión cambia la visión del observador de la realidad (SSC)

Fuente: Adaptado de *Salatino Cuccia, D. R. (2017a). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects.* International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3*(2), 18*

3. ANÁLISIS DEL MODELO DE BRECHA DESDE LA LT

3.1. Análisis de la brecha 5

Desde el Modelo de Brecha, se postula que el cliente/usuario del servicio inicia una búsqueda interna del conjunto de necesidades a satisfacer que comprende necesidades no expresadas (deben identificarse ya que hacen feliz al cliente); necesidades de funcionamiento (a mayor performance mayor satisfacción) y necesidades excitantes (causan felicidad inmediata) (Griffin & Hauser, 1993; ReVelle, Moran, & Cox, 1998). A partir de una identificación inicial de sus necesidades, el cliente / usuario define un ideal de servicio esperado. De la observación del mundo físico que lo rodea y de la interacción con los distintos aspectos de la organización

(Punto de Encuentro) que le provee respuesta a sus necesidades o necesidad específica forma una percepción del servicio recibido. Al mismo tiempo sucesivas interacciones con el mundo físico le proveen un cúmulo de experiencias pasadas, experiencias de otros clientes / usuarios a través del boca-a-boca y sucesivos contactos con la comunicación al consumidor que despliega la empresa. Este cúmulo de información y experiencias modifica su visión del mundo y genera en el mismo una sensación de satisfacción / insatisfacción que dependerá del balance entre el resultado y la calidad asociada al mismo obtenido y el precio, tiempo, esfuerzo y costo síquico que demandó acceder al servicio en consideración. Esta sensación de satisfacción / insatisfacción es lo que se mide utilizando la encuesta estandarizada SERVQUAL®. El gráfico 5 coloca dicho proceso en términos del modelo de estados postulado por la LT para el campo social.

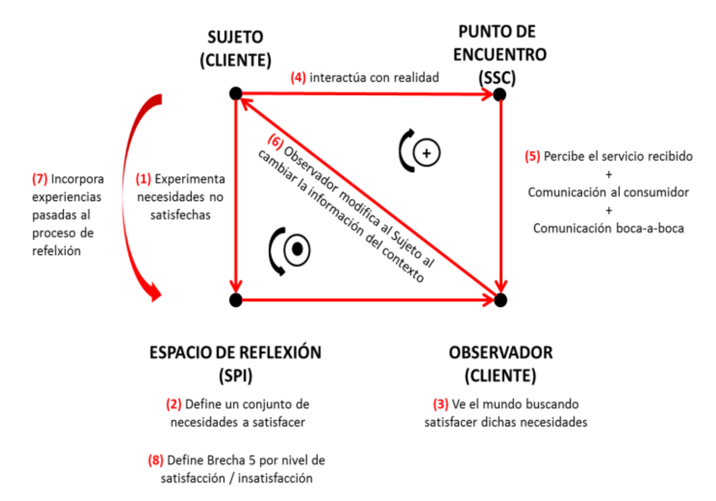


Gráfico 5: Esquema de la generación de la Brecha 5 en el Modelo de Brechas desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

Tabla 2: Relación lógica entre los componentes que definen la Brecha 5

OBSERVADOR	SUJETO	DESCRIPTOR
0	1	El cliente/usuario existe como un conjunto de necesidades a satisfacer
1	0	El cliente/usuario busca en el contexto exterior como satisfacer las necesidades identificadas
1	1	El cliente/usuario interactúa con los distintos Puntos de Encuentro de la organización en el Sistema Socio-Cultural (SSC) y como respuesta genera una imagen del servicio percibido a la vez que acumula nuevas experiencias, la comunicación de la organización sobre el servicio prometido y la experiencia de otros clientes/usuarios a través de la comunicación boca-a-boca
0	0	El cliente/usuario se aleja del mundo externo, reflexiona sobre sí mismo y su aprendizaje del mundo exterior (SPI), y define a nivel interno un conjunto de necesidades y su nivel de satisfacción / insatisfacción. Dicha reflexión cambia la visión de la realidad (SSC)

3.2 Análisis de la brecha 1 y 2

El Modelo de Brecha postula que la organización que provee el servicio interactúa con el cliente/usuario a través de los diversos Puntos de Contacto definidos en el diseño del proceso orientado a satisfacer un conjunto específico de necesidades. En el contexto exterior a la organización, halla que los clientes/usuarios interactúan con la organización siguiendo un conjunto de necesidades propio de ellos. Para ello establece una observación de dicha interacción a través del Equipo de Marketing para poder determinar las características del

servicio esperado por los clientes / usuarios. Se obtiene una Percepción de las Expectativas de los clientes/usuarios al existir siempre filtros mentales que recortan la realidad. Este fenómeno es el responsable de la existencia de la Brecha 1. La observación realizada de los clientes modifica a la Alta Gerencia como elemento decisor en el proceso y la lleva a analizar y reflexionar sobre las relaciones establecidas con los clientes/usuarios. La salida de este proceso de reflexión y análisis es la traducción de la percepción de las necesidades de los clientes en Especificaciones del Servicio asociadas con un determinado nivel de calidad. Esta traducción es siempre limitada y se genera la Brecha 2. Ahora el observador, conformado por el Equipo de Marketing, ve la realidad a través de un conjunto definido de necesidades y especificaciones del servicio definidas para poder satisfacer al cliente/usuario y reinicia el ciclo de interacción con el mundo exterior a través de los Puntos de Contacto. El gráfico 6 coloca dicho proceso en términos del modelo de estados postulado por la LT para el campo social.

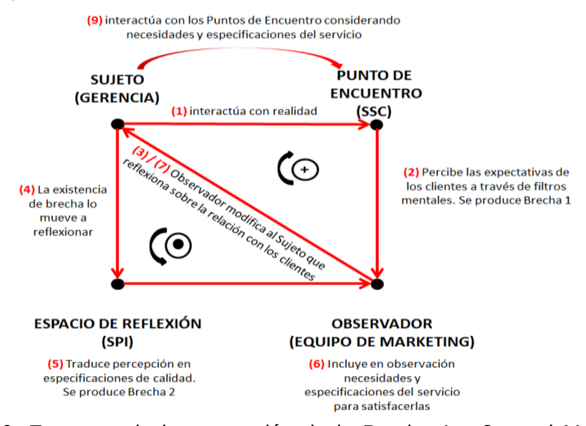


Gráfico 6: Esquema de la generación de la Brecha 1 y 2 en el Modelo de Brechas desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

Tabla 3: Relación lógica entre los componentes que definen la Brecha 1 y 2

OBSERVADOR	SUJETO	DESCRIPTOR
0	1	La Alta Gerencia es la que reflexiona y decide sobre como interactuar con los clientes/usuarios en los Puntos de Encuentro definidos
1	0	La Alta Gerencia, a través de diversos mecanismos, busca captar en el contexto exterior el servicio esperado por los clientes
1	1	La Alta Gerencia interactúa con los distintos Puntos de Encuentro de la organización en el Sistema Socio-Cultural (SSC) y como respuesta se genera una percepción de las expectativas y necesidades de los clientes a través de filtros existentes basados en el modelo de cliente desarrollado por la organización (Brecha 1)
0	0	La Alta Gerencia se aleja del mundo externo, reflexiona sobre sí mismo y su aprendizaje del mundo exterior (SPI), y traduce la percepción de las necesidades de los clientes en especificaciones de proceso e indicadores de calidad del mismo (Brecha 2). Dicha reflexión cambia la visión de la realidad (SSC) a través de la redefinición de los puntos de encuentro

3.3 Análisis de la brecha 3 y 4

Los integrantes de la organización interactúan con los distintos aspectos de la misma que definen el contexto de referencia para su funcionamiento como parte de la misma. A través de procesos de instrucción formal e informal adquiere las reglas de comportamiento y especificaciones de calidad del servicio a ofrecer para con

los clientes externos y para con el resto de los integrantes de la organización. Ahora se convierte en un observador calificado de la realidad a través de los Puntos de Contacto *ad hoc*. La adquisición de reglas de interacción con el cliente/usuario puede producir situaciones de conflicto con las reglas de comportamiento propias del sujeto o de alineamiento con las mismas. Esto lo lleva a reflexionar e iniciar un proceso de decisión interno al sujeto sobre cómo debe comportarse. La salida de este proceso de reflexión es una imagen mental de cómo debe entregar el servicio al cliente/usuario. El gráfico 7 coloca dicho proceso en términos del modelo de estados postulado por la LT para el campo social.

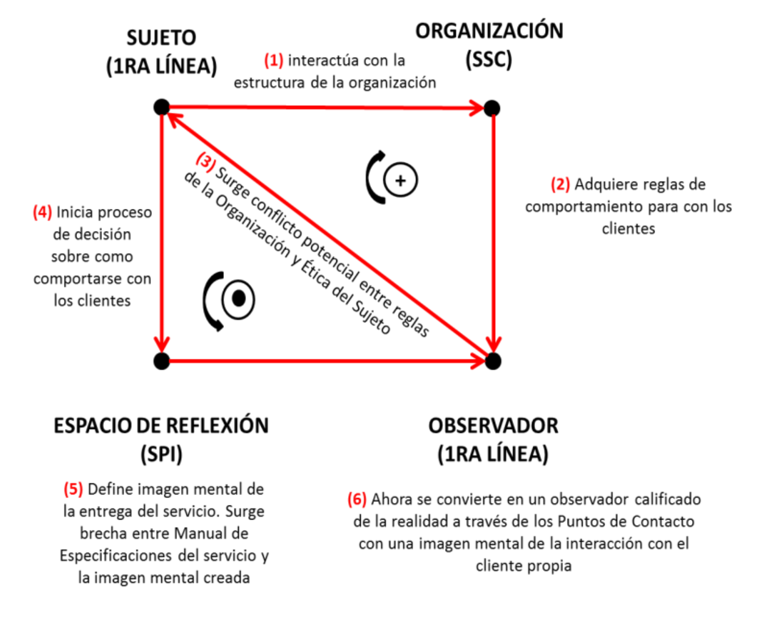


Gráfico 7: Esquema de la interacción de la Primera Línea con la Organización en el Modelo de Brechas desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

Tabla 4: Relación lógica entre los componentes que definen la Brecha 3 y 4 (1ra etapa)

OBSERVADOR	SUJETO	DESCRIPTOR
0	1	La Primera Línea de Satisfacción es la que reflexiona y decide sobre como interactuar con los clientes/usuarios en los Puntos de Contacto definidos
1	0	La Primera Línea de Satisfacción, interactúa con la organización (SSC) a través de diversos mecanismos y adquiere reglas de comportamiento para con los clientes en los Puntos de Contacto definidos
1	1	La Primera Línea de Satisfacción adquiere una imagen mental de como interactuar con el cliente/usuario como consecuencia de la adquisición de reglas de comportamiento y el análisis reflexivo
0	0	La Primera Línea de Satisfacción se aleja del mundo externo, reflexiona sobre sí mismo y su aprendizaje del mundo exterior (SPI), y analiza el conflicto o alineamiento entre las reglas de la organización y las propias del sujeto.

Los integrantes de la organización designados para interactuar con los clientes/usuarios en los Puntos de Contacto definidos son ahora identificados como la Primer Línea de Satisfacción. La salida del proceso de reflexión, anteriormente descripto, es una imagen mental de cómo debe entregar el servicio al cliente/usuario. Al interactuar se genera la Brecha 3 entre el comportamiento definido en el Manual de Procedimientos y como el sujeto decide comportarse en función al modelo mental que creó y al comportamiento del cliente/usuario. Al mismo tiempo se genera la Brecha 4 al existir una divergencia entre lo comunicado por la organización al contexto externo

describiendo el servicio a recibir y el servicio real ofrecido por la Primer Línea de Satisfacción. En dicha interacción perciben la existencia de niveles de satisfacción / insatisfacción en el cliente/usuario y se genera un punto de conflicto que lo mueve a superar dicha situación o lo mueve para lograr un mayor nivel de satisfacción. En dicho instante inicia un proceso de decisión interno sobre cómo mejorar la situación. Surge como resultado una nueva imagen mental de cómo debería ser la respuesta esperada del cliente y alternativas para lograrlo. Ahora inicia un nuevo ciclo de interacción con el cliente/usuario buscando cerrar la brecha y mejorar el nivel de satisfacción del mismo. El gráfico 7 coloca dicho proceso en términos del modelo de estados postulado por la LT para el campo social.

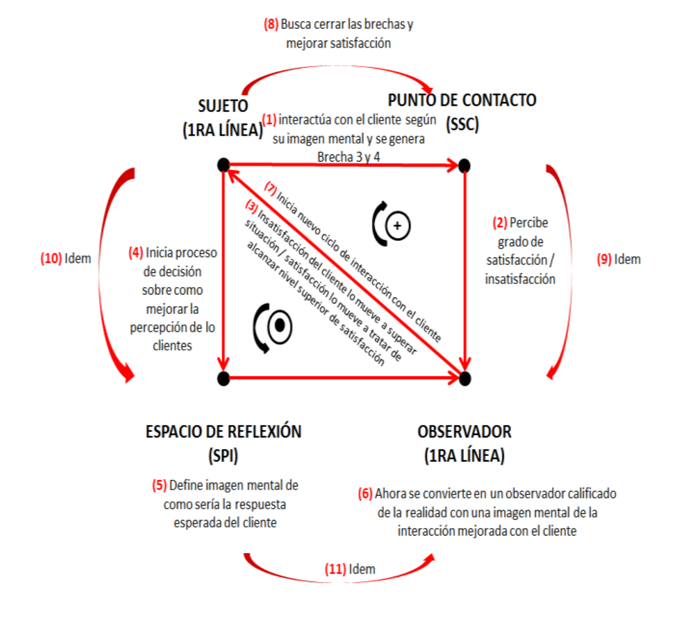


Gráfico 8: Esquema de la generación de la Brecha 3 y 4 en el Modelo de Brechas desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

Tabla 5: Relación lógica entre los componentes que definen la Brecha 3 y 4 (2da etapa)

OBSERVADOR	SUJETO	DESCRIPTOR
0	1	La Primera Línea de Satisfacción es la que reflexiona y decide sobre como interactuar con los clientes/usuarios en los Puntos de Contacto definidos
1	0	La Primera Línea de Satisfacción adquiere una imagen mental de como interactuar con el cliente/usuario como consecuencia de la adquisición de reglas de comportamiento y el análisis reflexivo
1	1	La Primera Línea de Satisfacción, interactúa con los clientes en los Puntos de Contacto definidos por la organización (SSC) a través de diversos mecanismos y reglas de comportamiento adquiridas (Brecha 3) y como lo comunicó la organización (Brecha 4)
0	0	La Primera Línea de Satisfacción se aleja del mundo externo, reflexiona sobre sí mismo y su interacción con el cliente/usuario (SPI), y analiza cómo mejorar la interacción.

4. CONCLUSIONES Y PUNTOS DE APRENDIZAJE IDENTIFICADOS

Desde el formalismo matemático requerido por la LT, se identifican dos elementos estáticos contrapuestos y dos elementos dinámicos en oposición en cada esquema construido para las distintas partes en las cuales se analizó el Modelo de Brecha. Para obtener el esquema global del Modelo de Brecha se pueden identificar a priori, de igual modo, dos elementos estáticos contrapuestos (Organización y Cliente) y dos elementos dinámicos en oposición (contexto externo definido por Puntos de Contacto y contexto de reflexión sobre la interacción con

la organización). Se construye en consecuencia, una tabla de asignación inicial donde se asigna un código binario a cada uno de dichos elementos (Tabla 6).

Tabla 6: Relación lógica inicial entre Organización y Clientes

ORGANIZACIÓN (OBSERVADOR)	CLIENTE (SUJETO)	DESCRIPTOR
0	1	Cliente existe en forma independiente de la Organización (observador). Reflexiona sobre el servicio recibido y define la Brecha 5 en función de su nivel de satisfacción / insatisfacción
1	0	La Primera Línea de Satisfacción de la Organización existe en forma independiente del cliente (sujeto). Interactúa con la Organización (SSC) a través de Manuales de Procedimiento e Indicadores de Calidad surgiendo la Brecha 3
1	1	La Primera Línea de Satisfacción interactúa con el cliente en los distintos Puntos de Contacto definidos surgiendo la Brecha 4
0	0	La Alta Gerencia reflexiona sobre sí mismo y su interacción con el cliente/usuario (SPI) en los puntos de encuentro surgiendo la Brecha 1 y 2

Un condicionante de Grupo es la unicidad en cuanto a la definición del observador y del sujeto. En esta primera aproximación, el cliente (sujeto) está claramente identificado, pero no así el observador que muta de Alta Gerencia a Primera Línea de Satisfacción. En consecuencia, la Organización debería ser el elemento contrapuesto de Cliente/Usuario como se muestra en la

tabla 7 y en el gráfico bidimensional de los elementos constitutivos del fenómeno.

Tabla 7: Relación lógica final entre Organización y Clientes

ORGANIZACIÓN (OBSERVADOR)	CLIENTE (SUJETO)	DESCRIPTOR
0	1	Cliente existe en forma independiente de la Organización (observador). Reflexiona sobre el servicio recibido y define la Brecha 5 en función de su nivel de satisfacción / insatisfacción
1	0	La Organización existe en forma independiente del cliente (sujeto). Interactúa con sus integrantes (SSC) a través de Manuales de Procedimiento e Indicadores de Calidad surgiendo la Brecha 3
1	1	La Organización interactúa con el cliente en los distintos Puntos de Contacto definidos surgiendo la Brecha 4
0	0	La Organización reflexiona sobre sí misma en un proceso de aprendizaje organizacional y su interacción con el cliente/usuario (SPI) en los puntos de encuentro surgiendo la Brecha 1 y 2

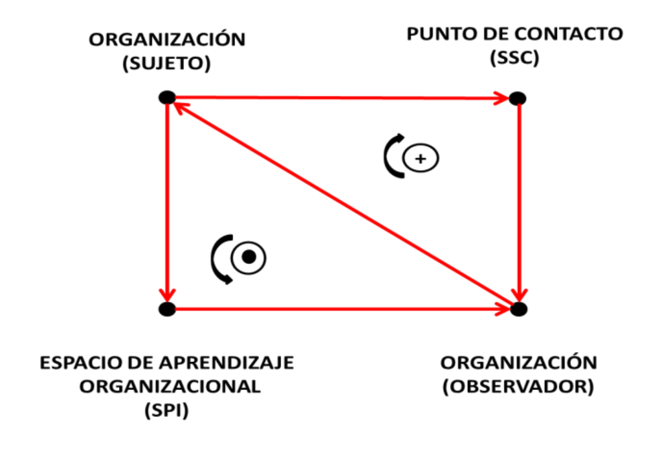


Gráfico 9: Esquema propuesto del Patrón Autónomo Universal para el Modelo de Brechas desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

Una primera conclusión del modelo provisto por la LT es que la Organización es la que interactúa con el cliente en los distintos Puntos de Contacto (Brecha 3 y 4). Esto soporta la perspectiva de la Escuela de Teoría General de Sistemas cuando la organización es modelada por Peter Senge como la "organización que aprende" (Senge, 1998). Esto lleva a la necesidad de sistematizar el aprendizaje para ser distribuido a toda la organización. Como se muestra, la organización interactúa con los clientes a través de la Primera Línea de Satisfacción y conoce el nivel de satisfacción de los clientes (Brecha 5) a través del lenguaje oral, visual y escrito por lo que "el conocimiento está en la gente".

Una segunda conclusión que surge, desde la misma escuela, es que la Organización interactúa con sus integrantes (SSC) a través de Manuales de Procedimiento e Indicadores de Calidad. Por ello, la calidad del servicio es responsabilidad de todos los integrantes de la organización como lo sostiene el enfoque de la Gestión Total de la Calidad [Total Quality Management] (Goetsch & Davis, 2014; Juran, 1974).

Una tercera conclusión que surge del modelo provisto por la LT es que la Organización define / redefine las especificaciones de los Puntos de Encuentro no en forma aislada de los empleados que conforman la Primera Línea de Satisfacción, sino que debe hacerlos con ellos lo que permitiría reducir la Brecha 2. Esto soporta la perspectiva de la Escuela de Teoría General de Sistemas cuando postula, desde la perspectiva de la Gestión de Calidad Total, que la calidad es responsabilidad de todos los integrantes organización (Goetsch & Davis, 2014; Juran, 1974).

Finalmente, la organización como un todo reflexiona sobre la cambiante percepción de las expectativas de los

clientes lo que permitirá reducir la Brecha 1. Pero reflexionar requiere información sobre la cual realizarlo, lo que demanda datos que surgen de procesos de medición a través de encuestas como SERVQUAL™, *focus groups, mistery shopper*, etc. Esto provee soporte a la perspectiva de la Escuela de Teoría General de Sistemas cuando postula el concepto de Aprendizaje Organizacional (AO) y desde la perspectiva de la organización que aprende al entender que lo único permanente es el cambio (Senge et al., 2000). El Aprendizaje Organizacional (AO) analiza los procesos relacionados con el aprendizaje individual y colectivo en las organizaciones (Tsang, 1997). El concepto de aprendizaje organizacional es presentado por Cyart y March (1963) como parte del modelo desarrollado del proceso de decisión en las organizaciones cuando afirman que las compañías aprenden de la experiencia con la intención de adaptarse a las condiciones del medio ambiente (Cyert & March, 1963). El desarrollo del área de aprendizaje organizacional abarca diversos aspectos tales como a) la estructura y tipos de aprendizaje organizacional (Argote, 2013; Castaneda & Rios, 2007; Hedberg, 1981); b) impacto en decisiones estratégicas (Shrivastava & Mitroff, 1982); c) decisiones en contextos inciertos y cambiantes (Duncan & Weiss, 1979; Fiol & Lyles, 1985; March & Olsen, 1975); y d) las curvas de aprendizaje en las organizaciones (Argote, 2013; Dutton & Thomas, 1984). Desde diversas perspectivas existe una convergencia en considerar que “el aprendizaje organizacional es el conjunto de actividades y procesos por los cuales una organización eventualmente alcanza el ideal de una organización que aprende” (Caldwell, 2012; Chatterjee, 2011; Finger & Brand, 1999, p. 136; Senge et al., 2000). Los diversos modelos coinciden en identificar como etapas del aprendizaje organizacional (1) el aprendizaje

de la experiencia pasada, (2) la adquisición de conocimiento, (3) el procesamiento en un nivel organizacional diferente, (4) identificar y corregir los problemas, y (5) el cambio a nivel organizacional. Una organización que aprende a actuar de manera eficiente, se adapta fácilmente al cambio, detecta y corrige los errores y mejora continuamente sus procesos de decisión y el logro de sus objetivos (Argyris & Schön, 1995; Silins, Zarins, & Mulford, 2002). Esto también provee soporte a la perspectiva de la Escuela de Teoría General de Sistemas cuando postula, desde la perspectiva de la Gestión de Calidad Total, que la calidad es responsabilidad de todos los integrantes organización (Goetsch & Davis, 2014).

REFERENCIAS

Anzoise, E. (1997). Nueva Visión de la Autoevaluación Institucional [New vision of institutional self-evaluation]. In M. d. C. Avendaño, P. Supisiche, & M. E. d. Olmos (Chair), *Universidad Blas Pascal.* Symposium conducted at the meeting of the Primer Congreso Nacional de Auto Evaluación Institucional y Calidad en Centros Educativos Universitarios, Córdoba, Argentina.

Anzoise, E. (2006). *The Senior Administrators and Department Chairs' Perspective of the Accreditation Process in Schools of Engineering - The Case of the Universidad Tecnológica Nacional in the Argentine Republic*. UNIVERSITY OF PITTSBURGH, Pittsburgh.

Anzoise, E. (2007). *CALIDAD Y LA MEJORA CONTINUA*. Mendoza: Facultad Regional Mendoza - UTN.

Anzoise, E., Pérez, G. d. L., Urdaniz, F., & Guevara, M. (1997). Facultades de Ingeniería de Clase Mundial [World class engineering college]. In M. d. C. Avendaño, P. Supisiche, & M. E. d. Olmos (Chair), *Universidad Blas Pascal.* Symposium conducted at the meeting of the Primer Congreso Nacional de Auto Evaluación Institucional y Calidad en Centros Educativos Universitarios, Córdoba, Argentina.

Argote, L. (2013). *Organizational Learning. Creating, Retaining and Transferring Knowledge*. New York: Springer US. doi:10.1007/978-1-4614-5251-5

Argyris, C., & Schön, D. A. (1995). *Organizational Learning II: Theory, Method, and Practice* (1st ed.). Reading, MA: Addison-Wesley.

Berry, L. L. (2016). Revisiting "big ideas in services marketing" 30 years later. *Journal of Services Marketing, 30*(1), 3-6. doi:10.1108/JSM-10-2015-0318

Caldwell, R. (2012). Systems Thinking, Organizational Change and Agency: A Practice Theory. Critique of Senge's Learning Organization. *Journal of Change Management*, 1-20.

Carlzon, J. (1989). *Moments of Truth*. New York, N.Y.: HarperCollins Publishers.

Castaneda, D. I., & Rios, M. F. (2007). From Individual Learning to Organizational Learning. *The Electronic Journal of Knowledge Management, 5*(4), 363 - 372.

Collier, D. A. (1994). *The Service/Quality Solution: Using Service management to Gain Competitive Advantage* Milwaukee, WI: Irwin Professional Publishing

Crosby, P. B. (1984). *Quality without Tears. The Art of Hassle-Free Management*. New York: First Plume Printing.

Cyert, R. M., & March, J. G. (1963). *A behavioral theory of the firm* (1st ed.). Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Chatterjee, S. (2011). Organizational Learning and Learning Organization: A Critical Review – A Paradox. *Asian Journal Of Computer Science And Information Technology, 1*(3), 64 -70.

Churchill, G., & Surprenant, C. (1982). An Investigation Into the Determinants of Customer Satisfaction. *Journal of Marketing Research, 19*(November), 491-504.

Duncan, R. B., & Weiss, A. (1979). Organizational learning: Implications for organizational design. In B. Staw (Ed.), *Research in Organizational Behavior* (pp. 75-123). Greenwich, CT: JAI Press.

Dutton, J. M., & Thomas, A. (1984). Treating Progress Functions as a Managerial Opportunity. *Academy of Management Review, 9*(2).

Feigenbeum, A. V. (1961). *Total Quality Control*. New York: McGraw-Hill.

Finger, M., & Brand, S. B. (1999). The concept of the “learning organization” applied to the transformation of the public sector. In M. Easterby-Smith, L. Araujo, & J. Burgoyne (Eds.), *Organizational Learning and the Learning Organization*. London:: Sage.

Fiol, C. M., & Lyles, M. A. (1985). Organizational Learning. *The Academy of Management Review, 10*(4), 803-813.

Franco Espejel, G. M. (2003). *Validación del SERVQUAL en una Institución Pública Mexicana*. Retrieved 19/05/08, 2008,

Frost, A., & M., K. (2001). Service quality between internal customers and internal suppliers in an international airline. *International Journal of Quality & Reliability Management, 18*, 371-386.

Gilmore, H. L. (1974). Product Conformance Cost. *Quality Progress*(Junio), 16.

Goetsch, D. L., & Davis, S. (2014). *Quality Management for Organizational Excellence:Introduction to Total Quality* (7th ed.). Essex, England: Pearson Education Limited.

Griffin, A., & Hauser, J. R. (1993). The Voice of the Customer. *Journal of Marketing Science, 12*(1), 1-27. doi:10.1287/mksc.12.1.1

Grönroos, C. (1982). *Strategic Management and Marketing in the Service Sector*. Helsingfors: Swedish School of Economics and Business Administration.

Hair, M. (2006). Superqual: A tool to explore the initial expectations of PhD students and supervisors. *Active learning in higher education, 7*(1), 9-23.

Hedberg, B. (1981). How organizations learn and unlearn? . In P. C. Nystrom & W. H. Starbuck (Eds.), *Handbook of Organizational Design: Adapting Organizations to their Environments* (Vol. 1, pp. 8-27). London: Oxford University Press.

Hernon, P., & Whitman, J. R. (2000). *Delivering Satisfaction and Service Quality: A Customer-Based Approach for Libraries*. Chicago, IL: American Library Association.

Hughey, D., Chawla, S., & Kahn, Z. (2003). Measuring the quality of university computer labs using SERVQUAL: A longitudinal study. *The Quality Management Journal, 10*(3), 33-44.

Jabnoun, N., & Al-Tamimi, H. (2003). Measuring perceived service quality at UAE commercial banks. *International Journal of Quality and Reliability Management, 20*, 458-472.

Juran, J. M. (1952). Aspecto económico de la calidad (M. Sust & J. Batlle, Trans.). In J. M. Juran (Ed.), *Manual de Control de la Calidad*. Barcelona: Editorial Reverté.

Juran, J. M. (1974). *Quality Control Handbook* (3rd ed.). New York: McGraw Hill Higher Education.

Kettinger, l., & Lee, M. (1995). Perceived service quality and user satisfaction with the information service function. *Decision Sciences, 25*, 737-760.

Lewis, R., & Booms, B. (1982, in Nov. 1981). The Marketing Aspects of Service Quality. In L. L. Berry, G. L. Shostack, & G. D. Upah (Chair), *American Marketing Association.* Symposium conducted at the meeting of the American Marketing Association's 2nd conference on services marketing West Palm Beach, Fla. .

March, J. G., & Olsen, J. P. (1975). The uncertainty of the past: Organizational learning under ambiguity. *European Journal of Political Research, 3*, 147-171.

Nitecki, D. A., & Hernon, P. (2000). Measuring Service Quality at Yale University's Libraries. *The Journal of Academic Librarianship, 26*(4), 259-273.

Oliver, R. A Conceptual Model of Service Quality and Service Satisfaction: Compatible Goals, Different Concepts. In T. Swartz, D. Brown, & S. Brown (Eds.), *Advances in Services Marketing and Management Research Practice* (Vol. 2, pp. 65-85). Greenwich, CT: JAI Press.

Parasuraman, A., Berry, L. L., & Zeithaml, V. (1985). A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research. *Journal of Marketing, 49*(autumn), 41-50.

Parasuraman, A., Berry, L. L., & Zeithaml, V. (1991). Refinement and Reassessment of the SERVQUAL Scale. *Journal of Retailing, 67*(4), 420-450.

Parasuraman, A., Zeithaml, V., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. *Journal of Retailing, 64*(1), 12-40.

Real Academia Española. (2001, Abril 2005). *Diccionario de la lengua española* [Web page]. Retrieved 21/08/07, 2007, from http://buscon.rae.es/draeI/

ReVelle, J. B., Moran, J. W., & Cox, C. A. (1998). *The QFD Handbook*. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.

Rolo Alves, A., & Vieira, A. (2006, May 18 - 20, 2006). SERVQUAL as a Marketing Instrument to measure service quality in Higher Education Institutions

Symposium conducted at the meeting of the Second International Conference: “Product management – Challenges of the future”, Poznań, Poland
Ruby, C. A. (1998). Assessing Satisfaction with Selected Services Using SERVQUAL, a Student Market-Driven Model of Service Quality. *NASPAJournal, 35*(4), 331-341.
Salatino, D. R. (2017a). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects. *International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3*(2), 18.
Salatino, D. R. (2017b). *Tratado de lógica transcursiva : origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva* (1st ed.). Godoy Cruz, Mendoza
Sasser, W. E., Olsen, R. P., & Wyckoff, D. D. (1978). Understanding Service Operations. In *Management of service operations : text, cases, and readings*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
Senge, P. M. (1998). *La quinta disciplina: el arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje* (C. Gardini, Trans.). Buenos Aires: Ediciones Granica, S.A.
Senge, P. M., Kleiner, A., Roberts, C., Ross, R., Roth, G., & Smith, B. (2000). *La danza del cambio: Los retos de sostener el impulso en organizaciones abiertas al aprendizaje*. Bogotá: Editorial Norma.
Shrivastava, P., & Mitroff, I. I. (1982). Frames of reference managers use: A study in applied sociology of knowledge. In R. Lamb (Ed.), *Advances in strategic management* (pp. 161-182). Greenwich, CT: JAI Press.
Silins, H., Zarins, S., & Mulford, B. (2002). What Characteristics and Processes Define a School as a Learning Organisation? Is This a Useful Concept To Apply to Schools? *International Education Journal, 3*(1), 11.
Tsang, E. (1997). Organizational learning and the learning organization: a dichotomy between descriptive and prescriptive research. *Human Relations, 50*(1), 57-70.
Wisniewski, M., & Donnelly, M. (1996). Measuring service quality in the public sector: the potential for SERVQUAL. *Total Quality Management, 7*(4), 357-365.

Youssef, F., Nel, D., & Bovaird, T. (1995). Service Quality in NHS Hospitals. *Journal of Management in Medicine, 9*, 66-74.

Zeithaml, V. A., Parasuraman, A., & Berry, L. L. (1990). *Calidad total en la gestión de servicios: Cómo lograr el equilibrio entre las percepciones y las expectativas de los consumidores* (C. L. S. Soriano, Trans.). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A.

Zeithaml, V. A., Parasuraman, A., & Berry, L. L. (1993). *Calidad total en la gestión de servicios* (C. L. S. Soriano, Trans.). Madrid, Spain: Diaz de Santos.

* * *

3. Reorganización de los planes de estudio y la investigación

Guillermo Cuadrado[5]

Resumen: En este trabajo se analizaron dos aspectos de la realidad académico-científica, los *planes de estudio* y la *investigación*, considerando las relaciones entre las realidades objetiva y subjetiva que propone la lógica transcursiva. El método usado para obtener la información consistió en la elaboración de diferentes patrones autónomos universales (*pau*^{s}) que permitieron el análisis de las diferentes situaciones académicas. Se halló que los *pau*^{s} tienen una significativa capacidad de organizar la información de cada realidad estudiada. Cuando el *sistema investigado* logra ser representado por el *modelo,* éste queda validado, caso contrario, se refuta. Mientras que la transformación de los *planes de estudio* depende de la política aplicada por estar institucionalizados.

Palabras claves: plan de estudio, investigación, contexto, contextura, heterarquía, lógica transcursiva

La reorganización de los planes de estudio o la selección de un objeto de investigación son dos procesos inherentes de la actividad universitaria, cuyo tratamiento no siempre dispone de una metodología clara, sistemática y concluyente. Naturalmente, cuando eso ocurre la reformulación de los planes de estudio se atrasa, como ocurrió con la Universidad Tecnológica Nacional, cuyos planes debían reelaborarse a partir de 2014. Por otra parte, los equipos de investigación enfrentan periódicamente el problema de seleccionar su objeto de investigación y lograr una producción novedosa.

Por cierto, en varios países existen procesos de control de calidad de ciertas carreras universitarias cuya

---

[5] Grupo IEMI, FRM UTN; FFyL UNCuyo

actividad se relacionan con la salud y la seguridad de las personas, tal es el caso de la Medicina y la Ingeniería, entre otras. En Argentina la acreditación de las carreras la realiza la Comisión Nacional de Acreditación Universitaria (CONEAU), que verifica que los estándares internacionales de las carreras y el cumplimiento de la Ley Nacional de Educación Superior N° 24.521 estén en consonancia. Esta última, en su Art. 29 afirma que la Universidad tiene las atribuciones de "*Formular y desarrollar planes de estudio, de investigación científica y de extensión y servicios a la comunidad incluyendo la enseñanza de la ética profesional*".

Es evidente que el desarrollo de planes de estudio y la formulación de proyectos de investigación científica se encuentran entre las primeras exigencias la ley 24.521 y por ese motivo se han seleccionado a los fines de este trabajo. En general, la adecuación de los planes de estudio acumula cierto atraso institucional en Argentina que no excluye a la UTN. Uno de los problemas serios que enfrentan las carreras de ingeniería es la caída sostenida de la matrícula, mientras que la demanda de ingenieros está aumentando.

En lo que concierne a la Ley de Educación Superior, sancionada en 1995, la misma incorporó la investigación en la universidad, en contraste con la situación anterior que sólo promovía profesionales para la sociedad anfitriona. A pesar del tiempo trascurrido, todavía existen dificultades para incorporar las actividades de investigación. En efecto, la formulación de proyectos de investigación científica se repite cada dos o tres años, de acuerdo con las pautas que fija la universidad. La dificultad que se puede observar es, por una parte la escasa producción de tesis de maestría o de doctorado frente a la cantidad de alumnos de posgrado que han

cursado las carreras. Por otra, en muchos proyectos de investigación y en ciertas áreas de conocimiento, se aprecia con cierta frecuencia que la producción es escasa y con pocos aportes novedosos.

En cualquiera de los dos casos presentados, la metodología para diagnosticar el problema es un paso importante hacia la solución de los mismos. Este trabajo se propone analizar ambos problemas con el auxilio de la *lógica transcursiva*, con el objeto de presentar el potencial metodológico que ésta tiene. Adicionalmente, este trabajo sigue una línea de investigación orientada a optimizar los planes de estudio y la investigación en las carreras de ingeniería.

El objetivo que aquí se busca es analizar la *realidad académico-científica* de la universidad aplicando *lógica transcursiva* y considerando los cuatro contextos de la actividad artística, científica y tecnológica como *contexturas* o *nichos ontológicos*. Con esa metodología se aspira describir algunas de las dificultades que enfrentan los planes de carreras y la investigación.

Entre las contribuciones de este trabajo se presenta el uso de la *lógica transcursiva* como metodología de análisis de realidades como la subjetiva, la objetiva y de ciertas realidades objetivas acotadas. Se destaca el uso de los roles que desempeñan los contextos de la actividad académico-científica y se muestra cómo estos explican muchas situaciones. Se establecen relaciones entre la investigación y la formación de docentes y alumnos. Finalmente, de los planes de estudio y las investigaciones se presenta en qué sujetos descansan las responsabilidades.

En este trabajo se caracterizan la realidad subjetiva y la lógica transcursiva como metodología, después la

realidad objetiva y la teoría de *los tres mundos* de Karl Popper y luego, se delinea la realidad académico-científica usando la visión de Javier Echeverría de los cuatro contextos de la actividad académico-científica y tecnológica. A continuación y con el auxilio de la *lógica transcursiva* se exponen algunas disfunciones que genera el desequilibrio entre los contextos mencionados y se examina el proceso de investigación.

Joseph Bochenski (1976: 30) sostiene que la ciencia tiene dos significaciones, una subjetiva y otra objetiva. En la primera la ciencia se presenta como una propiedad humana individual, como un saber sistemático que permite a quién conoce comprender relaciones de contenido, realizando correctamente las operaciones intelectuales para ello. Naturalmente, este aspecto subjetivo requiere de capacidad, dedicación y predisposición por parte del investigador, y eso es lo que le permite hacer hallazgos, invenciones y descubrimientos científicos o tecnológicos.

La *lógica transcursiva* fue desarrollada por Dante Salatino en *Semiótica de los sistemas reales* (tesis doctoral, 2009) para dar cuenta de la realidad subjetiva y el lenguaje natural. Este autor reconoce como antecedentes de su lógica la *lógica transclásica* de Gotthard Günther y la influencia de otros autores como G. W. F. Hegel, L. Wittgenstein, C. S. Peirce, E. Galois por nombrar los más destacados.

Es oportuno señalar que la ciencia objetiva se sustenta en la lógica binaria que demarca dicotomías como la existencia o la ausencia (la nada), objeto o sujeto, positivo o negativo, cantidad o cualidad, designado o no-designado. Se trata de un universo objetivo donde hay una sola negación, denominado ‘monocontextura’. Günther propuso una lógica policontextural, un lenguaje

negativo o con más de una negación, que permite justificar la distribución heterárquica de sistemas binarios en múltiples contexturas. Cada una de ellas surge de aplicar negaciones sucesivas. Así se pueden reconocer la contextura del objeto, la del sujeto y la de lo subjetivo. De esta manera, cada negación produce un desplazamiento a la contextura sucesiva, siguiendo un ciclo (Salatino: 2009, 44-45).

Una lógica policontextural deviene en una 'epistemología' que puede ocuparse en forma científica tanto de fenómenos físicos como de los que no lo son, por contar con un lenguaje negativo que logra que los procesos psíquicos como los fenómenos cualitativos y cuantitativos estén vigentes al mismo tiempo y disponibles para su estudio. En ese sentido la teoría de Günther plantea que existen fenómenos que están distribuidos sobre una pluralidad de dominios lógicos.

La *lógica policontextural* se caracteriza por: eliminar la ambigüedad que ocasiona la representación de la relación entre *sujeto* y *objeto*; ofrecer un concepto de la identidad con varias formas de expresión; justificar la manifestación simultánea de las formas expresivas de la identidad; ubicarse fuera del sistema para aplicar un proceso inductivo; tener valores lógicos que significan identidades como *sujeto* (S), *objeto* (O), *sujeto objetivo* (S_O), y *sujeto subjetivo* (S_S); y por distribuir cíclicamente los valores lógicos (heterarquía). Por razones que no se tratan aquí, hubo aspectos no resueltos que dificultaron su aplicación.

Ante la situación planteada, Salatino (2009, 46-47) prueba transformar esta herramienta en operativa y útil. Para lograrlo propuso una *lógica policontextural modificada* que denominó '*lógica transcursiva*'. Las modificaciones que Salatino introdujo se indican a continuación: logró

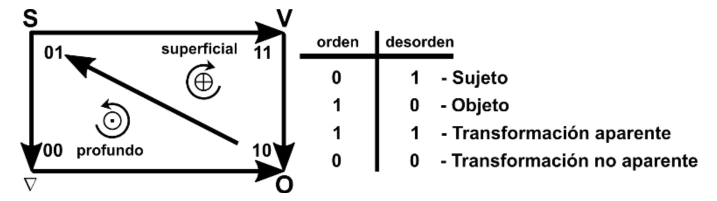
distribuir los valores lógicos utilizando operadores booleanos; elaboró un autómata llamado *patrón autónomo universal* (*pau*) para probar los principios se su lógica, se trata de un análogo de los autómatas finitos de la lógica clásica; incluyó un tiempo interno o psíquico, que supla la falta de sincronización, dado que cada forma de expresión de la identidad requiere de un tiempo propio; propuso un lenguaje universal sustentado en esa *lógica policontextural modificada*, para especificar la interacción simultánea entre las contexturas; y agregó una cuarta contextura para advertir de la cognición, fundamento esencial de la *lógica transcursiva*.

El lenguaje universal referido propone como alternativa un universo policontextural. En este último se asigna '1' al desorden y '0' al orden, luego la contextura del sujeto será identificada con el código '01', porque tiene desorden y ausencia de orden. Por razones equivalentes, la contextura del objeto será identificada con el código '10', porque tiene orden y ausencia de desorden. En la lógica clásica, en la relación directa entre sujeto y objeto, cuando se designa el *objeto*, el *sujeto* desaparece, dado que su 'lenguaje' tiene una sola negación y se prioriza la designación de objetos. Luego, para rescatar el *sujeto* que se pierde al hacer la designación del *objeto*, se crea una nueva contextura o nicho ontológico en donde alojar al sujeto negado. Para dar cuenta de la relación directa o evidente entre *sujeto* y *objeto* se genera otro nicho ontológico, destinado a contener lo denotado de los otros dos, asignándole el código '11', que significa que contiene la co-presencia de orden y desorden. Hasta este punto, se pudo identificar a las contexturas siguiendo el desarrollo *policontextural* de Günther

Importa destacar que la innovación que introdujo Salatino (2012, 202-204) fue agregar un cuarto nicho ontológico,

que diera cuenta de que entre sujeto y objeto existe también una relación indirecta o profunda, que no es evidente, cuyo código binario es ‘00’, por alojar lo no designado del objeto y del sujeto; dicho de otro modo, el nicho aloja la co-ausencia. De esta manera se constituye el *patrón autónomo universal* (*pau*) representado en la figura 1, con dos niveles representados por sendas tríadas que se disponen en oposición, ‘SVO’ que representa la organización aparente que muestra la realidad objetiva y, ‘O∇S’ que representa la desorganización del polo subjetivo, que determina el polo aparente de la realidad objetiva, a través de un proceso de reorganización.

Figura 1: ***Patrón Autónomo Universal*** (***PAU***)



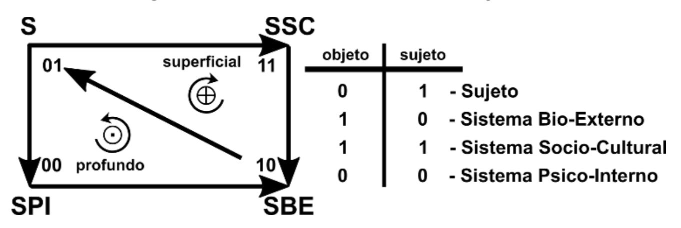
Operadores:
⊕: disyunción exclusiva desigualdad material xor; ⊻
⊙: equivalencia, bicondicional, doble implicación, xnor; ≡; ⇔

Con referencia al *patrón autónomo universal* (*pau*) definido antes, el mismo es un patrón estructural ontológico-relacional complejo que muestra una triple relación de: oposición, complementariedad y concurrencia. De este modo, la oposición *sujeto/objeto*, mediada por la oposición *disyunción/conjunción* que se da entre ellos, conforma el núcleo lógico fundamental de la realidad subjetiva, que está definido estructuralmente por un grupo algebraico y funcionalmente por una conexión de Galois. En efecto, este sistema de interrelaciones

satisface la sintaxis de un *lenguaje universal* (*lu*), cuya unidad operativa es el *patrón autónomo universal* (*pau*).

La *realidad subjetiva* (RS) depende de los sistemas reales que la componen, como indica la Figura 2. Estos están definidos en función de la participación del *sujeto* (S) y del *objeto* (O), tal como lo presenta la tabla adjunta de asignaciones. Por otro lado, se puede observar la neta separación que hay entre el nivel superficial, gobernado por la disyunción exclusiva (⊕) y el nivel profundo, controlado por la equivalencia (⊙). Como se puede apreciar en la Figura 2, los distintos niveles de la *realidad subjetiva* se han caracterizado a través de un *patrón autónomo universal*.

Figura 2: ***PAU de la realidad subjetiva***



En ese mismo sentido, la *realidad subjetiva* se dirime entre sus tres sistemas: a) bio-externo (SBE) que la conecta con la vida; b) psico-interno (SPI) que le atribuye sentido a un hecho real, situación que lo relaciona con el entorno; y c) sociocultural (SSC) que le asigna sentido a la relación con el otro. Dicho brevemente, cada sistema tiene un rol, el bio-externo trata de satisfacer un deseo, el psico-interno convalida un hecho real y, el sociocultural le da crédito a una creencia, lo que permite el reconocimiento y la inclusión social.

Hay que destacar, que el nivel profundo del *pau* básico es obligatorio porque permite darle sentido a lo percibido (aprehendido). En este nivel es donde se resuelve si

habrá o no una respuesta ante lo percibido. Esa situación significa que se le ha encontrado sentido a un hecho real, o por el contrario, que es necesario generar una nueva estructura que asuma la función de dar una nueva respuesta adaptativa a lo requerido por el entorno. De esta situación surgen tres verdades, entendidas como criterios reguladores: la biológica que le permite al sujeto seguir vivo y reproducirse; la psíquica que le permite armonizar con el entorno; y la social que lo faculta para ser considerado por los otros y que se basa en una creencia. Esas tres verdades se obtienen simultáneamente, y es obligatorio que así sea, para que se cumpla el principio fundamental de la *lógica transcursiva*: "Encontrarle sentido a la *realidad subjetiva*".

La figura 3 expresa el *patrón autónomo universal de la realidad subjetiva* en términos de una necesidad del sujeto a ser satisfecha y la manifestación del sistema bio-externo, de haber logrado o no dicha satisfacción. Por otro lado, de un deseo (sistema psico-interno) que demanda la satisfacción de esa necesidad (sistema sociocultural). La creencia es solo la respuesta que certifica el haberle encontrado sentido a una necesidad.

Figura 3: ***PAU de la realidad subjetiva***

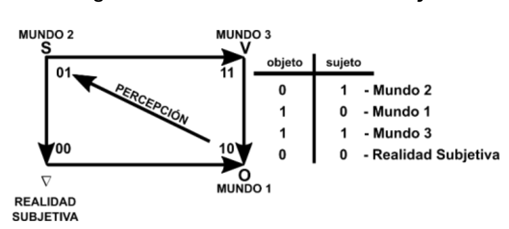


Conviene señalar, que desde el nivel profundo de las manifestaciones de la *realidad subjetiva*, queda determinada la 'visión' que tengamos de la *realidad*

objetiva o el universo de los objetos. Un modo de concebir esta última es la teoría de *los tres mundos* de Karl Popper, que clasifica todo lo existente en tres categorías: *mundo 1* de los objetos físicos; *mundo 2* de las disposiciones, expectativas y procesos mentales, y *mundo 3* de los contenidos objetivos de pensamiento científico, artístico o de otra índole, que se encuentran en el contenido de libros, bibliotecas, museos, computadoras y bases de datos digitales. El *mundo 3* se genera en el lenguaje humano y es el repositorio de la cultura, por eso está potencialmente disponible para ser conocido por quién desee explorarlo. Naturalmente, es allí donde se ubican las producciones académicas. En esta propuesta, los tres mundos se relacionan en el nivel superficial o de la evidencia. En tanto que en un nivel profundo de la *realidad objetiva* se acopla la *realidad subjetiva* (RS-∇).

En cuanto a la significación *objetiva* de la ciencia, Bochenski (1976, 32) sostiene que ésta es un conjunto de proposiciones objetivas conocidas y representadas por los signos de lenguajes naturales o artificiales. Por esa razón forman parte del *mundo 3*. Es decir que este aspecto de la ciencia hace que los resultados de una investigación se puedan comunicar, fundamentar y verificar de manera aparente u objetiva. Desde el punto de vista transcursivo, el nivel superficial es el que deja constancia del mundo objetivo. En él, el sujeto es un objeto más y por eso no aparece.

Figura 4: ***PAU de la realidad objetiva***



En las asignaciones del *pau de la realidad objetiva* los códigos se distribuyen del siguiente modo: *mundo 1* (10), *mundo 2* (01) y *mundo 3* (11). En las descripciones escritas o gráficas del *mundo 3* se encuentra la co-presencia de los *mundos 1* y *2.* Los tres mundos constituyen aquello que se presenta como realidad objetiva o como apariencia, en tanto y en cuanto eso tenga algún sentido para un sujeto, que admite esa estructura organizativa de la realidad.

De acuerdo con lo expuesto antes, resulta evidente que en el *mundo 3* de Popper se encuentra la *realidad académico-científica*, de las actividades y producciones intelectuales. Este aspecto de la *realidad objetiva* puede considerarse con la teoría de Javier Echeverria de los cuatro contextos de la actividad académico-científica y tecnológica: *educación*, *aplicación*, *valoración* e *innovación*. Cabe destacar, que estos contextos no son categorías o particiones mutuamente excluyentes, por el contrario son funciones agrupadas por su énfasis, sin exclusiones mutuas, su delimitación no es tajante sino borrosa y además, tienen cierto comportamiento fractal. Los mismos deben estar coordinados para que el funcionamiento institucional general sea armónico (Echeverría: 1995, 51-53; Ídem: 1999, 322-323; Díaz, Rivera, 2010).

El *contexto de educación* establece y regula el ingreso a la comunidad académico-científica. En él se aprenden los sistemas de representación y las teorías generales y específicas incluidas en los planes de estudio, de grado y posgrado. Es donde se moldea la subjetividad del alumno, se generan los hábitos mentales y se desarrollan las competencias y actitudes propias de cada profesión. Adicionalmente, este contexto distribuye conocimientos

académicos a través de publicaciones y medios de comunicación masivos.

El *contexto de aplicación* es el ámbito donde se usan las teorías y se llevan a cabo las prácticas de cada dominio profesional. Estas últimas transforman o conservan, según sea el caso, aspectos específicos de la realidad. Es el contexto donde la comunidad anfitriona recibe los beneficios de tener una universidad que alberga una comunidad académico-científica. A este contexto pertenece la actividad profesional autónoma, las instituciones como hospitales, oficinas técnicas, el sistema de justicia, las prestaciones de servicios de laboratorio o de consultoría, sólo por nombrar unas pocas.

El *contexto de valoración* controla y justifica los planes de estudio, y los proyectos de investigación científica y tecnológica, evaluando informes de avance o finales, maquetas, prototipos y simulaciones. Cabe agregar que la complejidad de la vida moderna ha institucionalizado la evaluación a través de agencias certificadoras de normas, como las ISO por ejemplo, o de auditoría como la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).

El *contexto de innovación* es donde se reorganizan los planes de estudio y la investigación, se generan nuevas teorías, se inventan y construyen nuevos productos o métodos de producción, que se ven reflejados en forma de patentes, royalties, productos tecnológicos de alto valor agregado, asesoramientos y trabajos de consultoría. Son propios de este contexto los laboratorios de investigación y desarrollo (I+D).

Cuando estos cuatro contextos están integrados y en equilibrio dinámico alientan y mantienen el desarrollo académico-científico y tecnológico. Sin embargo, si algún

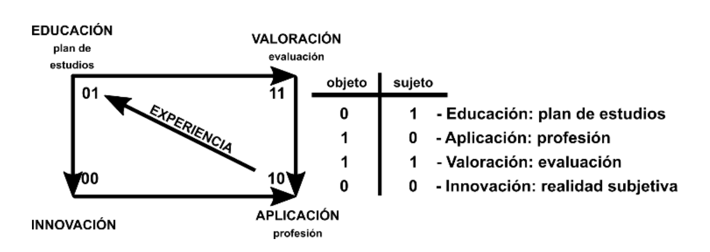
contexto prevalece sobre los otros aparecen distorsiones, por ejemplo cuando el contexto de *educación* se encuentra aislado de los otros y genera carreras de difícil inserción laboral por la escasez de aplicaciones útiles para la sociedad anfitriona. Otro caso es el de la ‘universidad profesionalista’, donde los contextos de *educación* y de *aplicación* predominan sobre el de *innovación* y no se investiga. Una universidad que investiga es más adaptable a los entornos cambiantes, y es más eficaz que una que sólo forma profesionales.

Resulta oportuno destacar, que si bien estos cuatro ámbitos se presentan en forma analítica como separados, los mismos están fuertemente interrelacionados entre sí, e interactúan y se influyen mutuamente. Así, por ejemplo, la enseñanza puede tomar como objeto de estudio las innovaciones o los modos de evaluarla, de este modo el contexto de educación afecta a los otros tres. De un modo recíproco, las innovaciones y sus aplicaciones, así como los nuevos criterios de evaluación modifican la actividad docente. Esto significa que cada contexto influye sobre los demás y todos interactúan entre sí, porque la ideas de contexto pretende enfatizar las funciones de los ámbitos, sin demarcarlos (Echeverría: 1995, 65-66).

Por la razón expuesta, si se sale de ellos como marco de referencia, o de alguna de sus partes constitutivas, y se deja el contenido en su interior, se pueden establecer nichos ontológicos o *contexturas*, que son continentes. Si estos a su vez se colocan en la estructura de un *pau*, respetando las posiciones de los códigos de modo que formen un grupo, entonces se pueden establecer relaciones entre esos continentes, las que finalmente permitirán inspeccionar los contenidos de manera sistemática.

A continuación, con la finalidad de aplicar las operaciones propias de la *lógica transcursiva*, y dado que estos contextos son, a su vez, policontexturales se elige una *contextura* de cada uno de tres *contextos*, advirtiendo que la elección podría haber sido otra, de acuerdo con los fines de la investigación que se lleva a cabo. En este caso, del *contexto de educación* se selecciona como nicho ontológico a los *planes de estudio* (01), porque estos están en primer lugar en el tema tratado. El opuesto complementario surge del *contexto de aplicación* que es la *profesión* (10) y el vínculo que se verifica entre ellos es la *experiencia*. Esto significa que los individuos ingresan al sistema universitario eligen *un plan de estudios* que les permite adquirir teorías y en la medida que incorporan experiencias en el uso de las mismas se van aproximando a la condición de profesionales. Este hecho les permitirá, una vez graduados, ejercer la profesión, que no es otra cosa que la aplicación práctica de las teorías adquiridas. Las señales del avance de este proceso provienen de las *evaluaciones* (11) que obviamente emanan del contexto de *valoración*. De este modo, las diferentes instancias de evaluación determinan el avance en la carrera, hasta que se produce la graduación.

Figura 5: ***PAU de la realidad académico-científica***



Naturalmente, el proceso descrito tiene un ciclo de un año académico, que se repite cuando todo está bien. Sin

embargo, el mismo entra en crisis cuando se modifica la situación de al menos uno de los tres nichos ontológicos de la apariencia, aunque podrían ser más de uno. Si eso ocurre, los tres contextos que ciclaban en una aparente estabilidad se deben reconfigurar, acción que es producida por el dominio o nicho *de innovación* (00). Este último se ubica en un nivel profundo, no evidente, y es esa contextura la que desordena la situación aparente para reorganizarla, introduciendo una mayor complejidad que le permita al sistema aparente volver a ciclar anualmente.

En el caso de la *realidad académico científica*, el nivel superficial se mantiene ciclando en forma estable mientras los *planes de estudio* y las *evaluaciones* que determinan el avance en las carreras se adecuen a las exigencias profesionales, que fijan los estándares de cada carrera. Caso contrario el sistema no se adapta y en consecuencia el régimen de auditoria propio del contexto de *valoración*, por ejemplo la CONEAU, podría terminar clausurando la carrera.

Una falta de adaptación del sistema académico puede darse porque surge una falla que afecta el ciclado. La misma puede estar en los *planes de estudio* o en las *evaluaciones* o en la *profesión*. Cuando ese es el caso, hay que evaluar el contenido de aquellos continentes que se conjetura podrían estar fallando. Supongamos que se produce un cambio en los estándares de la carrera por un avance tecnológico, la situación afecta a los contenidos de todos los contenedores de la apariencia. Lo mismo ocurriría si se tomara la decisión institucional de elevar el nivel de las carreras.

En ese sentido, Michael Athans (2001) recomienda establecer grupos de investigación de alta calidad, que actúen como 'incubadoras de aprendizaje' de la investigación para estudiantes de posgrado, que

comienzan su carrera como investigadores. Además una investigación bien establecida discute y define las direcciones de su rumbo estratégico, explotando los recursos intelectuales del equipo de investigación en su totalidad. En efecto, en esta época de rápidos cambios tecnológicos, los buenos investigadores imparten cursos avanzados de tecnología, y de este modo maximizan el tiempo de obsolescencia técnica de graduados y estudiantes. Por este motivo la investigación de calidad y la enseñanza eficaz se entrelazan íntimamente

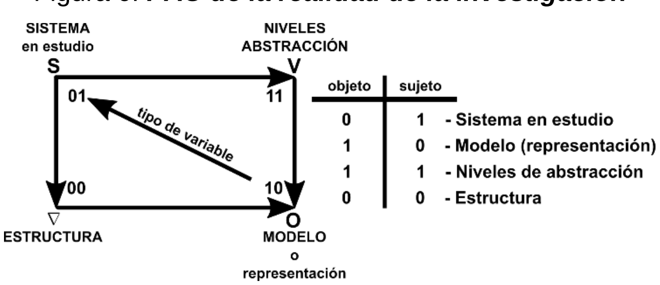
Por la razón expuesta, la excelencia en docencia va de la mano con la investigación y entre ambas se refuerzan mutuamente. Más aún, Athans sugiere que a los estudiantes, se les permita participar en proyectos, porque representa una oportunidad de relacionarse con grupos de investigación y mezclarse con estudiantes de posgrado, profesores y doctores. Esas experiencias educativas les permiten apreciar la importancia de ciertas técnicas, iniciándolos en su práctica y ambiente y además, los anima a pensar en forma profunda e independiente.

Por el contrario, basta observar la práctica común de muchos docentes universitarios, que desarrollan los problemas presentando las soluciones, proceso que en opinión de Athans derrocha el tiempo, refuerza mecanismos inferiores de aprendizaje y es representativo de una mentalidad acostumbrada a “recibir la papilla en la boca”. En síntesis, recomienda detener la práctica de una educación mímica, porque sólo alimenta la mediocridad de los estudiantes universitarios. Al mismo tiempo, este autor insiste que en ingeniería, la obsolescencia tecnológica puede ocurrir en menos de 10 años y, para prevenirla los estudiantes deben “aprender a aprender” y “aprender a pensar”, para estar preparados ante la

inevitable exigencia de seguir educándose toda la vida. Por ello recomienda aprender bien y en profundidad lo fundamental, antes que innumerables detalles técnicos, muchos de los cuales pueden hacerse obsoletos en el paso de estudiante a graduado.

Vista la importancia de la investigación se introduce un último *pau* para dar cuenta de ella en este trabajo, que está representado en la figura 6. En este caso los *nichos ontológicos* opuestos y complementarios son el *sistema en estudio* (01) y el *modelo* o *representación del sistema* (10), mientras que el vínculo entre ellos está dado por el tipo de variable que corresponde a cada forma expresiva del lenguaje lógico-matemático con el que se intenta representar la porción de realidad estudiada. La operación simultánea de los nichos señalados está organizada por los *niveles de abstracción* (11) donde ocurre la co-presencia disyuntiva de designaciones. Además, representa la transformación o cambio evidente que afecta los nichos al relacionarse entre sí. De modo simétrico, el nicho donde se produce la co-ausencia conjuntiva de designaciones es la *estructura* (00), que representa el cambio recóndito que actúa como desorganizador - reorganizador del sistema de relaciones entre el *sistema* y el *modelo*.

Figura 6: ***PAU de la realidad de la investigación***



Cabe aclarar que los *niveles de abstracción* son conjuntos de variables de tipo conocido, representables por una interfaz intuitiva que establece el alcance y el tipo de datos que estarán disponibles para generar el modelo. Un *nivel de abstracción* es un agente de información (observador) que accede a un ambiente físico o conceptual. Los niveles son comparables entre sí sin requerimientos. Son interfaces que median entre el observador y lo observado, es decir que intervienen en las relaciones epistémicas.

Adicionalmente, una *variable tipo* es una entidad conceptual que tiene un dominio de valores posibles de alcanzar. Dos de ellas son iguales si y sólo si tienen el mismo nombre y sus dominios son coincidentes. Mientras que *un observable* es una variable tipo interpretada, es decir que los rasgos del sistema están declarados para que puedan ser representados por el modelo. En general los *observables* son conceptos clasificatorios, comparativos o métricos, aunque podrían ser también modelos conceptuales construidos para el análisis (Floridi: 2008, pp. 305-309; 2011, pp. 52-54; 2017; Salatino 2017b, pp. 269-271).

En el *pau* propuesto se puede advertir que si el sistema en estudio logra ser representado por el *modelo,* éste queda validado. Caso contrario, si el *sistema a estudiar* no es descrito por el *modelo,* éste es refutado. En ese caso, la *estructura* (∇) desorganiza las descripciones logradas, para reorganizarlas introduciendo una complejidad que mejore la adecuación entre *sistema* y *modelo*. Cabe aclarar que la *estructura* (∇) se retrotrae en un movimiento fractal descendente de los *pau*[s] analizados, retornado a la realidad subjetiva, sustentada en el deseo de conocer (∇) del sujeto que investiga.

En cambio, en el caso de los *planes de estudio* al estar institucionalizados, existe una dependencia de la política

y, por consiguiente, la innovación depende del funcionario que tiene la responsabilidad y la autoridad para transformarlos. Si eso no ocurre, el sistema de carreras universitarias se estanca en la decadencia y pierde credibilidad para su sociedad anfitriona.

Conclusiones

Como los *planes de estudio* están institucionalizados, existe una dependencia de la política. Luego la innovación que deber reorganizar los mismos depende de la actividad del funcionario que tiene la responsabilidad y la autoridad para transformarlos. Cuando eso no ocurre, el sistema de carreras universitarias se estanca en la decadencia y pierde credibilidad para su sociedad anfitriona.

El *sistema investigado* queda validado cuando se la puede representar por el *modelo* propuesto. Caso contrario este último se refuta y la *estructura* recóndita desorganiza las descripciones logradas y las reorganiza introduciendo una mejor adecuación entre *sistema* y *modelo*.

Para encontrar el fundamento de todo el desarrollo operado, hay que retrotraer la *estructura* recóndita en un movimiento fractal descendente de todos los *patrones autónomos universales* analizados, hasta llegar al *deseo* de conocer del sujeto que investiga.

***

Referencias:

Athans, Michael. (2001) *Portuguese research universities: why not the best?* Lisboa, Instituto de Sistemas e Robótica (ISR) Instituto Superior Técnico (1ST), 1. Disponible en: http://www.math.ist.utl.pt/~rfern/athans/ (consulta 18/05/2005)

Bochenski, Józef. (1976). *Los métodos actuales del pensamiento*. 11ª ed. Madrid: Rialp.

Díaz Esther, Rivera Silvia (s.a.) *Algunas consideraciones para una ética aplicada a la investigación científica.* Disponible en: http://www.estherdiaz.com.ar/textos/etica_investigacion.htm (consulta 08/03/2010)

Echeverría, Javier. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid, Akal, 1995.

Echeverría, Javier. (1999). *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX*. Madrid, Cátedra.

Floridi, Luciano. (2008). "The Method of Levels of Abstraction". En *Minds and Machines*, Volume 18, Issue 3, pp. 303-329.

Floridi, Luciano (2011). *The Philosophy of Information.* Oxford: Oxford University Press

República Argentina (1995). *Ley Nacional de Educación Superior 24.521.* Boletín Oficial Nº. 28.204

Salatino, Dante R. (2009). *Semiótica de los sistemas reales* – Tesis Doctoral en Letras – Facultad de Filosofía y Letras – Universidad Nacional de Cuyo - Mendoza, Argentina.

Salatino, Dante R. (2012). *Aspectos psico-bio-socio-culturales del lenguaje natural humano. Introducción a la teoría psíquica del lenguaje* - Mendoza, Argentina - Desktop Publishing, Amazon, ISBN 978-987-33-2379-9.

Salatino, Dante R. (2017a). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects. En *International Journal of Research & Methodology in Social Science*, 3(2), 18.

Salatino, Dante R. (2017b). *Tratado de lógica transcursiva: origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva* (1ra ed.) – Mendoza, Argentina. ISBN: 978-987-42-5099-5.

***

4. Arte y matemáticas en la obra de Maurits Cornelis Escher

Gustavo A. Masera[6]; María Gabriela Vasquez [7]; Dante R. Salatino[8]

Resumen:

El propósito de este trabajo es indagar sobre el uso de las matemáticas en la obra de Maurits Cornelis Escher (1898-1972). Desde un enfoque histórico cultural se propone una periodización que consta de cuatro fases, cada una de las cuales revela las diversas concepciones que asumió el artista en la aplicación de las matemáticas para la elaboración de sus grabados, xilografías y dibujos: a manera de un instrumento utilitario; en tanto principio ordenativo/sintáctico; a modo de germen de la forma artística; y medio principal de representación de una estructura inherentemente matemática. El aporte se encuentra en esta clasificación, la cual ofrece una mirada sobre su vida creativa mediante una aproximación de sentido. Se incorpora un apartado con un examen acerca del significado de las imágenes y objetos artísticos desde la Lógica Transcursiva (LT). Por último, se presentan algunas discusiones emergentes y las reflexiones finales.

Palabras claves: Escher, matemáticas, arte, historia cultural, lógica transcursiva

---

[6]Instituto Multidisciplinario de Estudios Sociales Contemporáneos (IMESC-IDEHESI). Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo.

[7]Instituto Multidisciplinario de Estudios Sociales Contemporáneos (IMESC-IDEHESI), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo.

[8]Instituto de Filosofía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo.

Tyger, Tyger, burning bright,
In the forests of the night;
What immortal hand or eye,
Could frame thy fearful symmetry?'

William Blake. Songs of Experience (1794)[9].

1. MAPAS Y TERRITORIOS

Walter Benjamin (1938) sostuvo en sus memorias de infancia que el mejor modo de conocer una ciudad era perderse en ella. Algunas personas, añade, aunque no posean un mapa preciso del laberinto, vislumbran indicios que les permiten reconstruir el sendero del bosque urbano[10]. En modo similar, desde la antigüedad, los sabios procuraron no deambular a ciegas. Para orientarse y entender, las antiguas civilizaciones de egipcios, caldeos, hindúes, entre otras, analizaron el movimiento regular de los astros. Detrás de cada religión, y de cada filosofía o ciencia, hay una "visión del mundo" o cosmovisión (Warren, 1909).

Con posterioridad, en el ambiente cultural del pensamiento racional clásico, los primeros filósofos griegos desplegaron argumentos sobre el principio fundamental de todos los elementos. Los pitagóricos, por

---

[9]*¡Tigre, Tigre ardiente/ Que resplandeces en las selvas de la noche/ ¿Qué mano inmortal o qué ojo pudo forjar tu terrible simetría?* William Blake, Cantos de Experiencia. (1794). (trad. Jorge Luis Borges).

[10]Cfr. Walter Benjamin (2006: 69-70), según la edición a cargo de la Universidad de Harvard. *"Not to find one's way around a city does not mean much. But to lose one's way in a city, as one loses one's way in a forest, requires some schooling. Street names must speak to the urban wanderer like the snapping of dry twigs, and little streets in the heart of the city must reflect the times of day, for him, as clearly as a mountain valley".* Según nuestra traducción: "No encontrar un camino alrededor de una ciudad no significa mucho. Pero perder el camino en una ciudad, como uno pierde el camino en un bosque, requiere un poco de educación. Los nombres de las calles deben hablar al vagabundo urbano como el chasquido de las ramitas secas, y las pequeñas calles en el corazón de la ciudad deben reflejar los tiempos del día, para él, tan claramente como un valle de la montaña".

ejemplo, sostenían que en el número se encontraba la clave de la armonía regular del universo, donde a cada cifra correspondía una nota musical (Gomperz, 2000; Martínez, 1973).

Alfred Korzybski (1994), concibió la idea de que el mapa no es el territorio, de igual manera que una palabra no es el objeto que representa. En sus análisis semánticos, Korzybski)1994: xvii) identificó tres rasgos adicionales: 1) Un mapa no puede representar todo el territorio sino solamente una parcela de él; 2) Cada mapa integra también todo aquello que ayuda a la cartografía de un lugar, incluido el análisis de la psicología y el sustrato filosófico e ideológico del hacedor de mapas (sus supuestos y presunciones; sus habilidades técnicas; su visión del mundo, etc.); 3) Los mapas poseen el rasgo de ser auto-reflexivos, ya que uno "ideal" debería incluir un mapa del mapa, en una repetición fractal sucesiva e infinita. Además, sostuvo que los lenguajes, en tanto que sistemas de formulación, son mapas y sólo mapas de lo que pretenden representar. Esta toma de conciencia llevó a que las tres premisas de la semántica general se puedan extender a otros sistemas expresivos, como el estético y el matemático.

El concepto de cultura -en un sentido amplio- abarca el estudio de mentalidades, ideologías y rituales, en relación tanto a la alta cultura como a la popular. También por cultura se entiende el sistema de representación simbólico y lingüístico de una sociedad (Morfaux, 1985). En la determinación de las prácticas culturales, la “representación” ha sido reconocida como uno de sus problemas centrales, en la medida en que estas operaciones psicológicas cognitivas y de percepción permiten hacer presentes objetos y procesos. De tal manera, las representaciones del mundo (lingüísticas,

culturales, etc.) son también elementos constitutivos de la realidad social (Bonnell and Hunt, 1999). El interrogante puede plantearse de la siguiente manera: ¿Cuál es la correspondencia entre las obras de arte y el lenguaje matemático y el mundo real que los primeros pretenden representar?

Desde la perspectiva de la historia cultural (Hunt, 1989) se plantea que la obra de Escher es un esfuerzo por representar *estéticamente,* mediante símbolos, alegorías y artefactos, el mapa del universo. En este sentido, sus grabados, dibujos y xilografías son reflejos bellos, por momentos perturbadores, del orden geométrico que se impone a la percepción de un sujeto inmerso en esa realidad compleja –aunque no irracional- a la que intenta comprender.

2. ARTE Y MATEMÁTICAS

Las matemáticas son una ciencia formal, con una concordancia aparentemente ambigua respecto al mundo; éstas se inician y desarrollan en sus primeras etapas con fines exclusivamente prácticos: contar, medir, operaciones aritméticas. Sin embargo, luego se descubre que también facilitan el estudio sistemático de los fenómenos naturales (Berlinghoff and Gouvea, 2004) y que suministran modelos de representación de los patrones estructurales en la naturaleza (Novak, 2006).

Mientras que las ciencias serían imposibles de imaginar sin el sustento de las matemáticas en su formalización, no hay un acuerdo general sobre la condición epistemológica de las matemáticas. Es así que muchas escuelas de pensamiento han llegado a conclusiones distintas, principalmente sobre la correspondencia entre entidades matemáticas y objetos del universo. ¿Son esas entidades matemáticas reales o ideales, empíricas o el resultado de

nuestras operaciones mentales, propias de la potencialidad cognitiva humana o, acaso, simples ficciones? Por ejemplo, para Kant, es la percepción misma del sujeto la que estructura la realidad de esta manera. Dicho de otro modo, sólo lo que se refleja como realidad en la mente obedece a las reglas matemáticas; pero no se puede saber nada –en última instancia- del mundo exterior, sólo se accede a algunos aspectos fenoménicos, siempre insuficientes, parciales y escasos (Eilenberger, 1986).

No obstante, desde Pitágoras, como figura emblemática del conocimiento geométrico, las matemáticas se han constituido en una de las expresiones más altas de la imaginación humana en el esfuerzo por entender la estructura última de la realidad (Cucker, 2013). Según Jámblico, en su comentario a los principios de las matemáticas puras en la concepción pitagórica: "En su nivel más profundo, la realidad es de naturaleza matemática. Para Pitágoras la primera esencia era la naturaleza de los números y proporciones que se extienden a través de todas las cosas, de acuerdo con los cuales todo se encuentra armónicamente dispuesto y convenientemente ordenado" (Jámblico, 1991: 49).

Otros autores han insistido sobre la dimensión estética de las matemáticas, debido quizás a la armonía inherente que emana de la construcción de los sistemas axiomáticos, así como del rigor de teoremas y demostraciones. Se ha afirmado, que la precisión de las definiciones y deducciones formales conllevan algo de hermosura. En palabras de Gian-Carlo Rota (1997), la conquista de la belleza distingue a la matemática del resto de las ciencias.

Una referencia sobre el placer intelectual y estético en las matemáticas pertenece a Robert y Ellen Kaplan (2003),

con sus estudios históricos sobre el descubrimiento del cero y en relación al "hallazgo" de los números irracionales. Debe recordarse a Coxeter (1999), por la difusión de sus ensayos sobre la perfección de la geometría; a Heinz-Otto Peitgen y Peter Ritcher (1986) por su análisis de la cuasi perfección de los fractales en los sistemas dinámicos complejos y a Ulianov Montano (2014), quien elaboró una teoría estética de las matemáticas. Tampoco podría dejar de mencionarse a la influencia de los científicos Henri Poincaré y Geoffrey Hardy sobre el mundo artístico, en particular el primero, dado que Escher utilizó el 'modelo de disco Poincaré' de geometría hiperbólica (no euclideana) para establecer los patrones de su serie 'Circle Limit'', quizás uno de sus trabajos más complejos (Dunham, 2007; Coxeter, 1979).

Desde la antigüedad, las artes han utilizado herramientas relacionadas con las matemáticas. Como indica Lynn Gamwell (2016), los matemáticos y los artistas llevan mucho tiempo buscando un conocimiento del mundo físico que se presenta ante ellos y de los objetos abstractos que conocen sólo con el pensamiento. La mayoría de las obras de arte, sostiene Felipe Cucker (2013) ya sean musicales, visuales o literarias, se crean sujetas a un conjunto de restricciones. El proceso creativo -ya sea en la música de Bach, en el canon de la pintura renacentista o en la simetría del arte islámico- se enmarca atendiendo a estas estructuras, las cuales tienen, generalmente, un carácter matemático.

En síntesis, las matemáticas han impulsado el desarrollo de las artes de diversas maneras. Las artes visuales, de su parte, han colaborado con la generación de estructuras y formulaciones matemáticas mediante la representación estética de recorridos teóricos e instrumentales y se han adelantado, en ocasiones, al planteo de nuevas hipótesis

científicas. Por ejemplo, las relaciones entre la física de la relatividad, la psicología profunda y el arte son notorias, como puede suceder con el cubismo y el surrealismo. Lógicamente, una investigación más amplia necesitaría una referencia a las ideas filosóficas del idealismo platónico, del intuicionismo, del constructivismo o del estructuralismo, que han impulsado el conocimiento matemático. Una historia cultural permite recuperar el itinerario semántico de los conceptos matemáticos (medida, proporciones, perspectiva, infinito, dimensiones fractales, simetría, objetos geométricos, etc.), en relación a los contextos socio-históricos en que éstos han sido utilizados por los artistas visuales.

3. ARTE Y MATEMÁTICAS EN ESCHER

Sin dudas, uno de los ejemplos más claros sobre la sinergia entre ciencia y arte la revela Escher, puesto que accedió intuitivamente a algunas ideas matemáticas que lo seducían estéticamente y que le permitieron entender la lógica de patrones (*patterns*), particiones simétricas de la superficie, tal como los observó en el intrincado plano euclidiano de mosaicos y teselados del arte islámico (Schattschneider and Emmet, 2003; Critchlow, 1999).

Escher reconoce el punto de inflexión que marca su maestro Samuel Jessurun de Mesquita (+1944), hito vital que se encuentra representado simbólicamente en su abandono de la arquitectura para dedicarse de lleno al arte gráfico y a la técnica del grabado. Admira la arquitectura del sur italiano, especialmente la influencia morisca y su combinación con las rocas, lo que luego se reflejará en su obra. En efecto, no se puede dejar de enfatizar el impacto que generó en Escher su viaje a la península ibérica en 1936.

El artista se detuvo varios días en Granada a contemplar el arte andalusí, entusiasmándose por las mayólicas de la Alhambra y el conjunto de los palacios nazaríes, todo lo cual generó un efecto permanente sobre en sus teselados. Jan Abas (2010) sugiere que este descubrimiento estético fue la “chispa creativa” en el genio de Escher, que le permitirá transitar de la elaboración de panoramas naturales y villas montañosas hacia paisajes mentales.

El vínculo entre H.S. Coxeter y M.C. Escher muestra que la conexión entre matemáticas y artes puede pensarse, asimismo, desde la inspiración de ‘doble vía’ (*two-way inspiration*) entre distintos ámbitos culturales, siendo un ejemplo de influencias recíprocas y de combinaciones fértiles en perspectivas complementarias. Inclusive, los hallazgos del artista fueron expuestos con posterioridad por el geómetra. Un ejemplo de ello, lo muestran las explicaciones de Coxeter (1980; 1979). sobre el significado matemático de la extensión, por parte de Escher, del dominio de grupos isométricos a los grupos de figuras infinitas ensambladas, o acerca de su pasaje estético hacia los grupos infinitos que representan las series de cintas de Moebius.

Pero, su interés por la geometría, nacido de un mero carácter instrumental, lo conduce con el tiempo a descubrir en las matemáticas, la estructura subyacente de la realidad.

4. FASES EN LA OBRA DE ESCHER

Hay una gran cantidad de estudios sobre Escher, que se detienen con fascinación ante su pericia en el dibujo o frente a las destrezas de sus grabados. Schattschneider (2010) se pregunta: “¿Cómo (Escher) lo hizo?”, y con este interrogante intenta reproducir la actitud que surge con

toda llaneza e incredulidad ante el asombro que produce su obra. Esta labor ya ha sido desarrollada por muchos autores, especialmente por geómetras que han buscado dilucidar los fundamentos científicos de su obra (Abas, 2003; Coxter, 1979; Dunbham, 2007; Emmer, 2006; Hart, 2017; Schattschneider, 1990; 2003; 2010; Schattschneider y Emmer, 2003; Smit y Lenstra, 2003). Por este motivo, se ha preferido indagar en el sentido de su trayectoria y se sugiere una interpretación sobre el porqué de la misma. Las diferentes valoraciones que existen sobre la producción artística de Escher plantea el problema de la "recepción" de las obras de arte en los diversos contextos. Quizás se ha puesto un énfasis excesivo en su utilización de técnicas geométricas y en las matemáticas como instrumento.

Según Bruno Ernst (1976), Escher emplea, en la composición de sus obras, figuras de inspiración matemática en tres áreas primordiales: a) La estructura del espacio (paisajes, compenetración del mundo, cuerpos matemáticos y formas abstractas); b) La estructura de la superficie (metamorfosis, figuras entrelazadas de pájaros y peces, ciclos y aproximaciones al infinito); c) La proyección del espacio tridimensional en el plano (representación pictórica tradicional, perspectiva y figuras imposibles).

Ernest, además, plantea en el libro antes citado, un esquema sobre los períodos en la producción de Escher. Sostiene que su evolución artística pasa por cuatro etapas: a) el período paisajístico, que corresponde de 1923 a 1937; b) el período de la metamorfosis, que va de 1937 a 1945; c) el período de la perspectiva, el cual transcurre de 1946 a 1956; y d) el período de la aproximación al infinito, de 1956-1969.

Aunque se comparte la estructura básica, se considera que la propuesta por Ernst es una periodización más descriptiva, ya que no profundiza sobre las motivaciones últimas de Escher, ni menciona explícitamente la relación del artista con las matemáticas. Desde esta aproximación, parecería que el artista simplemente complejiza a lo largo de su vida la capacidad instrumental de las matemáticas y mejora artesanalmente la técnica del grabado.

Por tal razón, se propone otra clasificación de su obra, cronológica en parte, aunque más orientada a la creación de significados. Aquí el término ‘evolución’ es tomado algo libremente desde el punto de vista de su semántica. Tal vez correspondería más “trayectoria o itinerario artístico". Pero ninguna de estas palabras da la idea de un cambio, porque no es una mutación completa. Escher retoma en el tiempo modos y temas anteriores que constituyen su núcleo creativo, Más aún, sigue usando estilos "viejos" y los combina y usa en paralelo con las nuevas cosas que va "descubriendo". Quizás se podría hablar más de "modalidades" que de períodos, con solamente algunas obras (de un total de 400) como ejemplo. Se plantea, entonces, que la evolución de la producción creativa de Escher comprende las siguientes etapas:

4.1. Fase Realista (matemáticas como instrumento)

Se caracteriza por la representación de paisajes, naturalezas muertas y autorretratos. Comienza con panoramas de pequeñas ciudades en Italia y costas mediterráneas, que luego revive en diversos momentos. Las obras más famosas son: "Castrovalva" (1930), litografía que representa una pequeña ciudad de los Abruzos; "*Still Life with Mirror*" (1934); *“Hand with reflecting sphere”* (1935), “*Three Spheres II*” (1946), y *"Three worlds*" (1955).

En estas obras M. C. Escher usa las matemáticas como instrumento porque los mecanismos matemáticos le permiten reproducir, alterar y falsear perspectivas, profundidades, proporciones. En esto lleva a un extremo los usos de la geometría aplicados desde mediados del siglo XIII. Aquí el instrumento se refiere al conjunto de técnicas que le permiten hacer las obras que imagina. Se convierte en un buen artesano. Ha aprendido de Piero della Francesca, Giotto, y el maestro de arquitectura Alberti, etc.

Escher se hace ayudar por las matemáticas y las fuerza hasta encontrar las formas que busca. Pero la concepción de la obra aparece como anterior a la aplicación del dispositivo matemático. Las matemáticas son en definitiva exteriores a la obra de arte, como los demás utensilios que usa en su diseño y elaboración.

4.2. Fase de las metamorfosis (matemáticas como pragmática)

La esencia de las representaciones es la transformación de lo bidimensional en tridimensional, de figuras que mudan en otras figuras, de ilusiones ópticas y geométricas. Las obras de este período más representativas son: *"Metamorphosis I"* (1937), *"Day and Night"* (1938), *"Doric columns"* (1945), *"Magic mirror"* (1946), *"Drawing Hands"* (1948).

Escher comienza a usar las matemáticas para dictar la sintaxis de las obras y genera los contenidos con fórmulas: aparecen repeticiones, iteraciones, conversiones, mutaciones. El artista se ha convertido en un investigador matemático (Schattschneider, 2010). Parece interpretar, de manera embrionaria, la frase de Galileo sobre que la naturaleza se encuentra escrita en

lenguaje matemático[11]. La sintaxis, entendida como parte de una pragmática, o sea los modos en que un lenguaje encuentra un significado en la praxis y en los objetos matematizados que usa. Comienza a escribir en sintaxis "matemática". El Escher artesano se divide y enfrenta al Escher artista; comienza a tener su propia praxis; esto implica que el Escher que concibe la obra, el artista, se separa del Escher que la realiza, el artesano matematizado.

Esta concepción lo conduce como artista a la precisión, dejándose llevar por los dictados de las matemáticas. Esto significa, además, que el concepto inicial viene ejecutado según una lógica impuesta, en la cual el autor confía ciegamente. En la construcción del objeto artístico, Escher acepta el mandato matemático, de modo que las formas, tintes y relaciones entre los entes representados responden a una pragmática externa y rigurosa.

Frente a estas obras es válido interrogarse: ¿la geometría cobra vida? Quedan atrás los arabescos islámicos para incorporar la figuración, con base en líneas geométricas, de las cuales nacen evolutivamente peces o aves, en un proceso de liberación de las condiciones impuestas por la realidad.

4.3. Fase de las dicotomías (matemáticas como metafísica)

---

[11]*"La filosofía está escrita en este gran libro -me refiero al Universo- que permanece abierto a nuestra mirada, pero no puede entenderse a menos que uno primero aprenda a interpretar el lenguaje en el que está escrito. Está escrito en el lenguaje de las matemáticas, y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible concebir una sola palabra de ella; sin éstos, uno está vagando en un oscuro laberinto".* Galileo Galilei, citado en Peigen and Ritcher, 1986: prefacio. La traducción es nuestra.

Escher explora puntos de vista no convencionales y experimenta con nuevos métodos y técnicas para representar perspectivas, profundidades, puntos de fuga y convergencia. La existencia paralela de objetos físicos y abstractos evidencia la dicotomía que el artista descubre entre la realidad manifiesta y las constructos mentales.[12]

En su obra aparecen entes abstractos, puramente matemáticos, ontológicamente enfrentados y disociados de las representaciones de la realidad. Escher es de nuevo uno, pero ahora el conflicto se da entre los modos de representación. No llega a una síntesis, y se ve obligado a buscar nuevos puntos de vista (no convencionales). Sin hacer filosofía sistemática, aunque piensa mediante imágenes visuales, el artista descubre que hay entes que pueden ser y que son plenamente descriptos por las matemáticas.

Las obras representativas de esta fase son: *"Other World"* (1946), "*Smaller and smaller*" (1946), "*Gallery*" (1946), *"Crystal"* (1947), *"Stars"* (1948), *"Order and Chaos"* (1950), "Convex and Concave" (1955), *"Print Gallery"* (1956), *"Ascending and Descending"* (1960), *"Waterfall"* (1961); y una serie de las cintas Moebius.

4.4. Fase de aproximaciones al infinito (matemáticas como universo-mundo)

Es de mencionar como factor clave para el inicio de esta última fase, el encuentro internacional de matemáticos en

[12] Los interrogantes desbordan el planteo original de este documento, puesto que conducen el debate sobre los problemas ontológicos y epistemológicos concernientes a la existencia o no de objetos matemáticos independientes de la mente que intenta conocerlos (realismo versus idealismo matemático). Cfr. Stewart Shapiro, 1997).

1954, y el encuentro del artista con Coxeter (Coxeter, 1980; 1979).

Estas obras utilizan conceptos de geometría hiperbólica y de principios fractales. Se puede entrever que mientras más se sumerge el artista en problemas técnicos, cada obra se manifiesta desde los artificios de su construcción. La obra brota desde las normas y reglas formales, desde la receta matemática que la sostiene y la realidad (lo que antes el artista consideraba real) se desvanece. Escher interroga: “Este trabajo, ¿pertenece al reino de las matemáticas, o al del arte?” La respuesta está en sus obras. Ya no le interesa usar las matemáticas para ejecutar su obra y no quiere expresar su perspectiva con un mero arte matemático; el universo (y no solamente su mundo, el mundo restringido de su arte) es matemático, las matemáticas son la realidad última.

Aunque siempre retorna a la partición regular de la superficie, los teselados o pavimentación, representan en una pequeña escala la apropiación del infinito, reproduciéndose en su cantidad hacia la infinitud, ya que estos se pueden multiplicar sin fin en una progresión inagotable de menor tamaño.

Las obras significativas del período son: *“Three spheres I”* (1945), la serie de *Circle Limit,* en particular *Circle Limit III (1959), "Path of life III"* (1966), *“Metamorphosis III”* (1969).

5. La creatividad en Escher según la Lógica Transcursiva

Según la LT la creatividad humana surge del sustrato común que constituyen los aspectos fundamentales que sustentan la realidad subjetiva. Ese ‘lenguaje universal’ que indica cuáles son los aspectos del comportamiento que una vez integrados mediante lo cognitivo afloran en

la superficie como una conducta determinada (Salatino, 2017, p. 278).

La creatividad puede ser equiparada a un verdadero lenguaje, en donde el ‘lenguaje universal’ mencionado de franco arraigo biológico, se comportaría como su ‘aspecto sintáctico’. Un lenguaje natural (Salatino, 2012) caracterizador de los afectos que afianzan tanto lo volitivo como lo cognitivo en nuestra psiquis, haría las veces de ‘aspecto semántico’.

Por último, un lenguaje convencional habilitado para la comunicación en el medio sociocultural, respaldaría su ‘aspecto pragmático’. Debe destacarse que la ‘columna vertebral’ del lenguaje genérico que representa la creatividad está en la estrecha relación que existe entre los elementos profundos de sus tres componentes (Salatino, 2017, pp. 279-280). El *vivenciar* o la organización visceral del conocimiento mediante el ‘lenguaje universal’. El *intuir* o la integración afectiva de los tres elementos básicos a través del ‘lenguaje natural’; y el ‘crear’ o la proyección social de los sentimientos y motivaciones con la ayuda del ‘lenguaje convencional’.

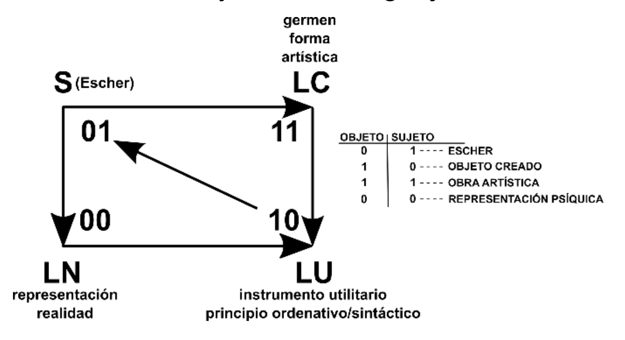


Figura 1 PAU DE LA CREATIVIDAD EN ESCHER
Referencias: S: sujeto – LC: lenguaje convencional LN: lenguaje natural – LU: lenguaje universal

La Figura 1 deja constancia de este enfoque subjetivo y su aplicación a las etapas de la producción artística de Escher.

6. DISCUSIONES SOBRE EL ÚLTIMO PERIODO DE ESCHER

En su última fase, para el artista holandés las matemáticas ya no solamente facilitan la representación de la realidad sino que son la estructura misma del universo, a modo de reflejo de un “orden implicado”, en la semántica de David Bôhm (1980). Es así que los trabajos de Escher anticipan teorías como la ‘Hipótesis del Universo Matemático’ de Max Tegmark (2014), quien afirma llanamente: “Nuestra realidad física externa es una estructura matemática” y presentan algunas resonancias, sin saberlo, con la perspectiva sobre el ‘universo geométrico’ de Penrose (Cfr. Huggett, 1998)

Sea cual fuere la descendencia que genera el artista o las coincidencias de su legado, la visión de Escher supone un regreso a concepciones neopitagóricas. Aquí el infinito es una idea plausible, aunque no se alcance nunca en la realidad fenoménica. Con estos conceptos se cierra el ciclo iniciado por la escuela de Crotona hace veinticinco siglos, donde se afirmaba que no hay nada que no sea matemáticas. Todo cuanto existe, puede ser pensado con métodos matemáticos.

El enfoque del universo con los ojos de Escher tiene un fundamento matemático: “Todos mis trabajos fueron hechos con la intención de expresar una idea particular. Estas ideas están basadas en mi asombro y admiración por las leyes contenidas en el mundo que nos rodea

¿Quién no se admira aún de que la Luna esté suspendida del cielo?" (Sánchez, 2012: 5). Por esto, del análisis de sus obras se adivierte una intención de ampliar las 'puertas de la percepción" (Aldous Huxley) y modelar expresiones estéticas que se correspondan con la cartografía matemática.

Pero, Escher va más lejos aún. El artista ha visto el orden superior del universo, ha entrevisto la clave de ese conocimiento, la cifra de la estructura. Las obras pictóricas de esta fase, aunque "torpes", son una tentativa de capturar la "verdad" de esta visión. Escher expresa esta contradicción a través del lenguaje estético, a pesar de comprender (o justamente por ello) que los sentidos siempre perciben parcial y dificultosamente. Como escribió William Blake: *"En el vacío infinito, pero atado a la tierra por sus percepciones estrechas"*[13]. Escher intuyó -en el léxico de Alfred Korzybski- que el mapa, esto es, el lenguaje (artístico o matemático) no es el territorio, es solo una representación del mismo.

Por este motivo, la obra de arte, aunque alcance los canones de la belleza, es en última instancia un "fracaso". En este punto se accede a una filosofía más profunda[14], puesto el autor toma consciencia de los límites que impone la realidad física externa al lenguaje y a la capacidad cognitiva (Penrose, 1999).

---

[13]William Blake. *"In the infinite void, but bound down, to earth by their narrowing perceptions"*. The Book of Urizen: Chapter IX, v. 4.

[14]"Al llevar en sí mismo lo que tradicionalmente ha sido entendido como algo lógicamente diferenciado, el arte se transforma a sí mismo en filosofía, en efecto. La distinción entre filosofía del arte y arte ya no es sostenible, y por una acto mágico curioso y sorprendente, hemos sido empujados a contribuir en un ámbito respecto del cual habíamos creído que solamente teníamos como deber meramente analizarlo desde afuera". Arthur Danto, 1973: 17. El subrayado es nuestro.

7. CONCLUSIONES

1. Una aproximación a la obra de Escher desde la historia cultural facilita reconstruir el proceso mediante el cual las ideas matemáticas se entrelazan con las artes visuales. Este abordaje refleja, además, las posibilidades de una historia “razonada” al identificar las intersecciones entre objetos geométricos, conceptos matemáticos, obras y genealogías filosóficas.
2. La producción artìstica de Escher combina un conjunto compuesto por construcciones imposibles, paradojas geométricas, estructura del espacio, mundos imaginarios, metamorfosis, simetrías y teselados, etc. Estos ámbitos se plasman en series de perturbadora belleza, que le permiten al autor no sólo jugar con ilusiones ópticas sino desafiar los modos habituales de representación.
3. Escher ‘transfiguró los lugares comunes’ (Danto, 2003), al ilustrar con (desde) sus imágenes artísticas que la estructura de la realidad es más honda, compleja y diversa que aquella que se imprime mediante la “veracidad” de los procesos sensoriales y el discernimiento “normal” del mundo exterior.
4. La relación de Escher con las matemáticas cambió en las distintas fases de su obra, desde un perìodo donde éstas juegan un rol instrumental hacia otro donde constituyen la clave para hacer inteligible el orden esencial del cosmos. Escher intuyó la estructura matemática del universo e intentó representar esta idea mediante su producción artística. En su última etapa, las matemáticas (el mapa) se convierten en la estructura última de la realidad (el universo).

5. Desde la perspectiva de la LT, la obra de Escher interpela: ¿qué se percibe realmente?; más aún, ¿cómo percibe y representa ese sujeto la realidad –matemática- en la que se encuentra inmerso y que al mismo tiempo trata de entender? Probablemente, en este contexto el arte y la necesidad de expresión brotan porque las palabras muestran un límite y porque aquello a representar desborda las posibilidades del lenguaje verbal.

REFERENCIAS

ABAS, S. Jan (2003). "Islamic Patterns: The Spark in Escher's Genius", in: Schattschneider, Doris and M. Emmer, *op. cit.,* p. 100-112.

BERLINGHOFF, W. and F. Gouvea (2004). *Math through the Ages.* Farmington, Oxton House.

BENJAMIN, W. (1938). *Berlin Childhood around 1900*. Cambridge: Mass, The Belknap Press of Harvard Univers Ity Press, edition 2006.

BIERNACK, R. (1999). "Method and Metaphor after the New Cultural History". In: V. Bonnell and L. Hunt (edit.). *Beyond The Cultural Turn, New Directions in the Study of Society and Culture*. Berkeley and Los Angeles University of California Press, pp. 62-92.

BOHM, D. (1980). *Wholeness and the Implicate Order*. London, Routgledge.

BONNELL, V. and L. Hunt (edit.) (1999). *Beyond The Cultural Turn, New Directions in the Study of Society and Culture.* Berkeley and Los Angeles University of California Press

COXETER, H.S.M. (1979). "The Non-Euclidean symmetry of Escher's picture 'Circle Limit III', *Leonardo*, v.17, pp. 19-25, Pergamon.

COXETER, H. S. M. (1999). *The Beauty of Geometry.* New York, Dover Books

COXETER, H.S. M. (1980). "L'oeuvre d'Escher et les mathématiques". J.L. Locher (dir.). *Le monde de M.C. Escher*. Paris, Chene, 9a. édition, pp. 55-58.

CRITCHLOW, K. (1999). *Islamic Patterns: An analytical and cosmological approach*, London: Thames and Hudson.

CUCKER, F. (2013). *Manifold Mirrors.The Crossing Paths of the Arts and Mathematics*, Cambridge, Cambridge University Press

DANTO, A.C. (2003). *The abuse of beauty*. Chicago, Open Court.

DANTO, A.C. (1973). 'Artworks and real things', *Theoria,* Volume 39, Issue 1-3, April 1973, pp. 1–17.

DUNHAM, D. (2007). '"More "Circle Limit III" patterns", *The Bridges Conference: Mathematical Connections in Art,*

Music, and Science, London: UK. http://www.d.umn.edu/~ddunham/isis4/section6.html
EMMER, M. (2006). "Escher, Coxeter and Symmetry", *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics,* Volume 03, September. Issue 05n06, pp. 869-879,
ERNST, B. (1976). *The Magic Mirror of M. C. Escher*, New York, Ballantine.
GAMWELL, L. (2016) *Mathematics and Art: A Cultural History*. Princeton and Oxford, Princeton University Press.
GOMPERZ, T. (2000). *Pensadores griegos*. Barcelona, Herder, Vol. 1.
HART, S. (2017). 'Escher and Coxe. A Mathematical Conversation'. Conference Gresham College. Recurso digital obtenible link permanente: https://www.gresham.ac.uk/lectures-and-events/escher-and-coxeter-a-mathematical-conversation#1hYMFA4oTseEPp0Y.99
HUGGETT, S.A. (Edit.).(1998). *The Geometric Universe Science, Geometry, and the Work of Roger Penrose*. Oxford, Oxford University Press.
HUNT, L. (Edit.) (1989). *The New Cultural History*, Berkeley and Los Angeles, California, University of California Press.
JAMBLICO (1991). *Vida Pitagórica*, Madrid. Editorial Etnos.
KAPLAN, R. and E. Kaplan (2003). *The art of the infinite. The pleasure of mathematics*. Oxford, OUP.
KORZYBSKI, A. (1994) {1933}. *Science and Sanity*, Brooklyn, New York, USA, Institute of General Semantics, Fifth Edition.
LOCHER, J.L. (dir.) (1980). *Le monde de M.C. Escher*. Paris, Chene, 9a. édition.
MARTINEZ, F. (1973). *HIstoria de la Filosofía.* Madrid, Ediciones Itsmo.
MONTANO, U. (2014). *Explaining Beauty in Mathematics: An Aesthetic Theory of Mathematics*. Cham-Heidelberg, Springer.

MORFAUX, L-M. (1985) *Diccionario de Ciencias Humanas,* Barcelona, Grijalbo.

NOVAK, M. (edit.) (2006). *Complexus Mundi: Emergent Patterns in Nature.* New Jersey, World Scientific.

EITGEN, H.O. and P. Richter. *The Beauty of Fractals Images of Complex Dynamical Systems*. Berlin, Springer.

PENROSE, Roger (1999). *Lo grande, lo pequeño y la mente humana.* Cambridge University Press, Madrid, 1999.

ROTA, Gian-Carlo (1997). 'The Phenomenology of Mathematical Beauty'. *Synthese.* Vol. 111, No. 2, pp. 171-182.

SALATINO, D. R. (2012). *Aspectos psico-bio-socio-culturales del lenguaje natural humano. Introducción a la teoría psíquica del lenguaje* - Mendoza, Argentina - Desktop Publishing, Amazon.

SALATINO, D. R. (2017). *Tratado de Lógica Transcursiva. Origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva.* Mendoza, Edición del autor.

SANCHEZ, R. et al. (2012). *El universo de Escher. Guía Dicáctica.* Madrid, Parque de la Ciencia-FECYT.

SCHATTSCHNEIDER, Doris and M. Emmer (Edits.) (2003). *M.C.Escher's Legacy. A Centennial Celebration*. (*Collection of articles coming from the M.C. Escher Centennial Conference Rome 1998).* New York, Springer

SCHATTSCHNEIDER, Doris (1990). *Visions of Symmetry. Notebooks, Periodic Drawings and related works of M. C. Esche*r. N. York, Freeman.

SCHATTSCHNEIDER, Doris (2003). 'Mathematics and Art. So Many Connections'. Math Awareness Month. Recurso digital obtenible en link permanente: http://www.mathaware.org/mam/03/essay3.html

SCHATTSCHNEIDER, Doris (2010). 'The mathematical side of M.C. Escher', *Notices of The Ams*, Vol. 57, N. 6, pp. 706-718.

SHAPIRO, S. (1997). *Philosophy of Mathematics: Structure and Ontology.* Oxford: Oxford University Press.

SMIT, B. de and H. Lenstra (2003). 'The Mathematical Structure of Escher's Print Gallery'. *Notices of the AMS*, v.50, n. 4: 446-457.

TEGMARK, Max (2014). *Our Mathematical Universe: My Quest for the Ultimate Nature of Reality*. New York, Knopf.

WARREN, W. F. (1909). *The Earliest Cosmologies. The Universe As Pictured In Thought.* New York, Eaton & Mains.

***

5. El misterio del tiempo

Dante Roberto Salatino[15]

Resumen: El propósito de este trabajo es enfocar la cuestión del tiempo desde la Lógica Transcursiva. El indagar el tiempo desde la subjetividad no tiene como objetivo determinar qué es el tiempo, sino más bien, demostrar por qué eso es algo que nunca vamos a saber. Basado en una investigación exhaustiva de la neurofisiología del sistema nervioso central, se muestra en dónde reside el manejo del tiempo psíquico o interno y su relación con el tiempo externo o cronológico. Se desarrolla el concepto de 'cuña temporal' que es donde se lleva a cabo, según una teoría desarrollada en el 2009, los procesos nobles del aparato psíquico. Por último, se ofrecen pruebas empíricas de este mecanismo temporal.

Palabras claves: realidad subjetiva, tiempo cronológico, tiempo psíquico, cuña temporal, lógica transcursiva.

1. Introducción

Hay tres conceptos principales para caracterizar el tiempo: 1) el concepto mecánico clásico que considera que el tiempo no está relacionado con ninguna estructura y se corresponde con desplazamientos en el espacio; 2) el concepto termodinámico que está asociado a la entropía; y 3) el concepto biológico que está ligado a la evolución. Obviamente, ninguno de los tres, por sí solo, es suficiente para caracterizar el tiempo. (Eisler, 2003) Más aún, los tres juntos, tampoco. Como humanos solo podemos tener acceso a nuestra experiencia íntima y nuestros pensamientos, únicos aspectos que pueden ayudar a caracterizar 'nuestro tiempo'.

[15] FFyL, UNCuyo

Por esta razón, el enfocar la cuestión del tiempo desde la Lógica Transcursiva (LT) no tiene como objetivo determinar qué es el tiempo, sino más bien, demostrar por qué eso es algo que nunca vamos a saber. Este desconocimiento surge porque ni el espacio, ni la energía ni la evolución pueden evitar en su devenir o respetar la irreversibilidad del tiempo cronológico o de la apariencia. Esto es así porque la ciencia clásica y la lógica que la sustenta, aunque establezcan la posibilidad de que los procesos físicos sean reversibles, hoy día confirma en parte el carácter lineal del tiempo y del mundo; esto es, el universo tuvo un principio y evoluciona irreversiblemente hacia un final anunciado. Una concepción, por otra parte, heredada de la tradición judeo-cristiana.

Pero por otro lado, para los hindúes, los griegos, los chinos, los mayas y los aztecas el tiempo era cíclico; inclusive para los hebreos antiguos, que además, adoptaban una posición frente al 'fluir' del tiempo, inversa a la que propuso la tradición judeo-cristiana posterior. Es decir, con el rostro hacia el pasado y dejando al futuro por detrás, algo que queda absolutamente reflejado en su lengua ya que usaban un término que textualmente significa 'a nuestra cara' para referirse al pasado, y uno que literalmente se refiere a 'lo que está atrás', para aludir al futuro.

Ya tenemos los tres elementos que integraremos para tratar de desvelar el misterio que hace del tiempo algo inescrutable: 1) un fluir irreversible desde un antes a un después, 2) un devenir cíclico que relaciona el presente, el pasado y el futuro, y 3) un 'darle la espalda al futuro'; algo que podríamos sintetizar en la expresión: "*lo que fue es lo que será*".

Para lograr la integración propuesta debemos admitir la existencia de dos tiempos: uno lineal, irreversible y

aparente que llamaremos *cronológico*; y otro cíclico, reversible y oculto que llamaremos *psíquico o interno*. Para aplicar los principios de la LT debemos identificar en cada uno de ellos los aspectos fundamentales que lo caracteriza, para después establecer lo que tienen en común; es decir, qué es lo que liga uno al otro.

Es fácil percatarse que el panorama que estamos planteando no tiene nada que ver con lo que propone la física, tanto clásica como relativista, ya que vamos a abordar el problema del tiempo desde el mismo interior del sujeto observador; no obstante, abusaremos de algunos desarrollos de la teoría de la relatividad para comprender mejor la propuesta.

No vamos a hablar, sin embargo, de la reducción que comporta el tiempo absoluto (vacío) de la física newtoniana; solo adherimos, sutilmente como ya dijimos, al espacio-tiempo einsteniano de la relatividad especial para explicar más adelante la existencia inequívoca de una simultaneidad relativa.

Queremos decir que analizaremos el problema del tiempo desde el punto de vista del sujeto, desde su individualidad, desde su sistema nervioso central (SNC) y trataremos de mostrar cómo se conecta esto, indefectiblemente, con la realidad circundante.

2. Dimensiones temporales

Para el sujeto, en los sistemas que conforman su realidad subjetiva, no es el espacio quien ostenta dimensiones, sino el tiempo mismo (Salatino, 2009), porque temporal es el corazón de su funcionamiento biológico y por tanto psíquico, como ya veremos.

Al universo en donde habita este sujeto le hemos llamado *cronobiósfera*. (Figura 1) Es allí donde nos encontraremos cara a cara con el tiempo, con nuestro tiempo.

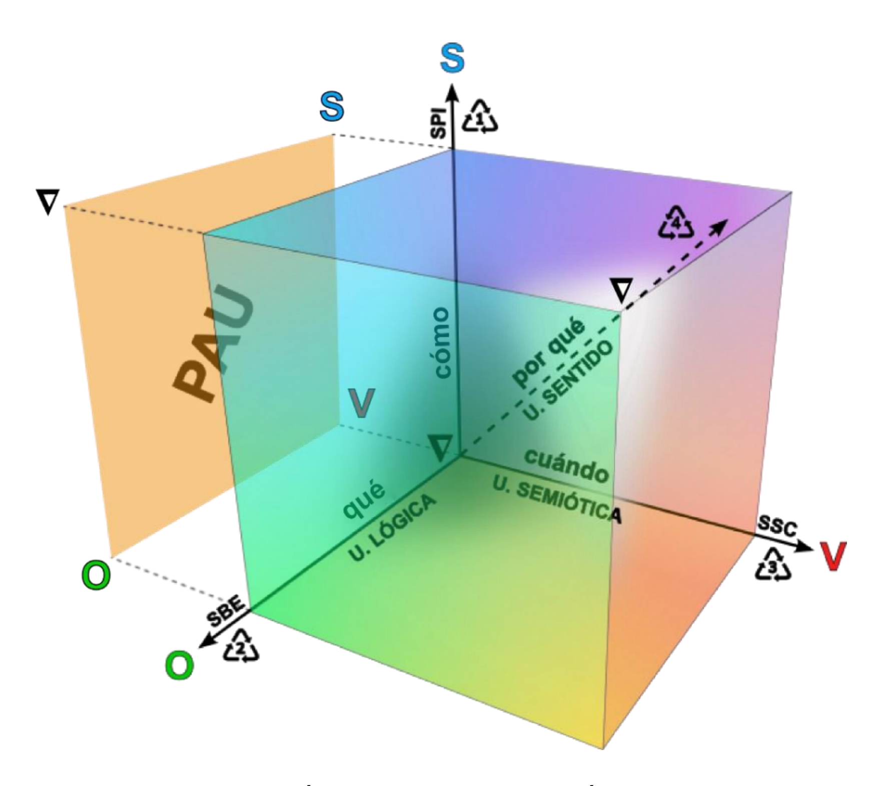


Fig. 1 CRONOBIÓSFERA Y SU RELACIÓN CON EL PAU (Patrón Autónomo Universal)
Referencias: S: sujeto – O: objeto – V: transformación aparente - ∇: transformación oculta SBE: sistema bio-externo SPI: sistema psico-interno – SSC: sistema sociocultural ♺: dimensiones temporales

En este universo tan particular de las dimensiones temporales, la primera (♺) o ***cómo***, representa lo

funcional y eternamente cambiante y es el eje del sistema psico-interno. La segunda (♴) o ***qué***, representa lo estructural y perecedero y es el eje del sistema bio-externo. La tercera (♵) o ***cuándo***, representa la oportunidad de cambio de dimensión y es el eje del sistema sociocultural. La cuarta (♶) o ***por qué***, representa el cambio de dimensión propiamente dicho y es el eje que conduce al sentido de los hechos reales.

3. Un pliegue en el tiempo

Para abordar el tiempo desde lo subjetivo de una manera simple de comprender vamos a invocar, de una forma un tanto impertinente, a los dioses griegos que tenían el dominio temporal absoluto. Estos dioses eran: *Krónos* (*χρόνος*), *Aión* (*Αἰών*), y *Kairós* (*καιρός*).

El invocar estos dioses nos enfrenta, nada más ni nada menos, con la vida y la supervivencia, pero también con la muerte; las dos antípodas temporales que debe encarar todo ser vivo. (Figura 2)



Fig. 2 PAU DEL TIEMPO
Referencias: - - - - - - = pliegue – S: sujeto – O: objeto
V: transformación aparente
∇: transformación oculta crono-independiente

- ***Krónos***: es el dios que ocupa el lugar del padre ancestral (Urano **[***Urano (Οὐρανός = cielo) es el dios primordial representante del cielo, que era hijo y esposo de Gea, la Madre Tierra***]**) por ser quien posibilitó la génesis de todo lo existente, al castrar al padre, y derramar así su simiente sobre la Madre Tierra.

Para evitar que se cumpliera la profecía de que uno de sus hijos se sublevaría contra él, termina devorando toda su descendencia. De esta manera, *Krónos*, se convierte en el dios de la muerte de todo lo finito, para poder él, seguir siendo infinito. Es el dios del eterno nacer y perecer; el representante del tiempo que hay entre la vida y la muerte.

Es el tiempo del movimiento aparente (paradigma de lo estático y lo discreto), del antes y del después; el tiempo lineal e irreversible del reloj (*tiempo cronológico*), en fin, es el tiempo de la creencia, del eterno y esclavizante presente.

- ***Aión***: es el dios eterno por naturaleza propia, el que sin generar nada ni moverse (en apariencia), da sustento a todo lo viviente o a todo lo que se mueve por propia decisión. *Aión* es el dios de la vida. En su figura se lo representa rodeado por una serpiente que se muerde la cola, el símbolo incuestionable de su eterno retorno.

Dueño de un pasado-futuro (*pretérito futuro*[16]) independiente del presente, del tiempo cronológico.

---

[16] *Lo que fue, será*. Se tiene una respuesta antes que el futuro se haga presente. Este futuro no es un 'futurible', es decir, no es un futuro condicionado en causa y efecto, sino solo en la causa, por algo que ocurrió con anterioridad. Podríamos de alguna manera asemejarlo a un 'futurable', por ser similar al futuro deseable de Jouvenel (1967) y digo similar porque aquí, a diferencia de lo propuesto por este autor francés, el deseo no se origina necesariamente en un cuestionamiento de la situación presente, cuyo origen está en lo que se aprendió en el

Es el tiempo de la duración (la evolución vital de Bergson, 1889) y del deseo. Lo conoceremos aquí como el *tiempo interno o psíquico*, ese cuya naturaleza es continua.

- ***Kairós***: a este dios, los griegos lo representaban como un joven bello con los pies alados y una ‘balanza desequilibrada’ en la mano izquierda. Estos elementos figurativos ya nos dicen de las características distintivas de este tiempo. Es el tiempo de la oportunidad, el único artífice, según los griegos, de la belleza.

Es un tiempo veloz (alas en los pies), o mejor, instantáneo, de duración ‘0’ a los ojos de *Krónos*. Es el tiempo que conecta los otros dos tiempos que confrontan en franca oposición, pero asegurándose de que siempre prevalezca el desequilibrio estable en favor de la vida (balanza desequilibrada) y en desmedro del tiempo de la muerte. De esta manera no se lo puede ‘deducir’ como el término medio entre los dos contrarios.

Si *Kairós* no existiera, solo podríamos nacer y morir. Dado que no pertenecemos enteramente a ninguna de las dos eternidades (ni a la vida ni a la muerte), necesitamos de un intermediario que nos represente para poder trascender. En realidad, éste es el tiempo que nos pertenece por derecho propio; éste es el *pliegue del tiempo*, en donde podemos distinguir el tiempo de la

---

pasado, sino que por haberse originado y satisfecho en el pasado, determina el futuro. Si algo no fuera lo que fue, seguramente no es lo que parece ser. Esto no es hacer ‘prospectiva’ o imaginar un futuro, es predecir el futuro para dar cumplimiento a un solo deseo: seguir vivo. No debe confundirse con el tiempo de verbo futuro anterior que describe una acción que va a desarrollarse en el futuro, pero que ya quedó completamente definida en el pasado, es decir, que indica una anterioridad de la acción. En el pretérito futuro nada se dice de la acción en sí, solo del ubérrimo pasado, además no es un tiempo verbal. ¡Es un tiempo vital!

supervivencia (biológico y discreto), del tiempo de la vida (psíquico y continuo).

Es el dios que aparece como un rayo, como la inspiración que nos traslada a otra dimensión (4a dimensión o psíquica). Es el tiempo que nos arrebata de las manos de *Krónos*, y nos sitúa en las de *Aión*, violentando la normalizada linealidad del tiempo de la muerte, para que todo cambie en lo profundo, pero para que en la superficie todo siga igual.

Para la apariencia*, Kairós* es un instante 'vacío' de *Krónos*; único e irrepetible que no encarna el presente en su totalidad, ya que siempre que está por llegar ya se ha ido **[***la tan fina como inasible línea que invocara Agustín de Hipona como separación del pasado y el futuro***]**.

Es el tiempo del ahora, del acontecimiento, de los hechos, de la percepción, de la observación. *Krónos* no es quien nos cuenta la historia, sino *Kairós*; ese que desde su 'pliegue' da la pauta a *Krónos*, pues introduce el tiempo de la vida en el tiempo de la muerte, pone al descubierto la verdad, nuestra verdad; es ese instante que sin serlo, sostiene los acontecimientos o los hechos que marcan el tiempo de la apariencia.

Por todo lo dicho, *Kairós* es el tiempo intermediario de la necesidad que separa la vida de la muerte, y de la oportunidad de satisfacción que relaciona un deseo con una creencia o aquella alforja en donde vamos acumulando a lo largo de nuestras vidas, todas las verdades que podemos capitalizar y que dan sentido a nuestra realidad subjetiva.

La Figura 2 nos muestra la disposición relacional definitiva de los tiempos considerados, a la vez que nos es útil para percatarnos de que el 'corazón' de sus relaciones constituye un PAU (patrón autónomo universal), es decir,

que su lógica adhiere al lenguaje universal que propone la LT, y esto es así porque estos tiempos relacionan las cuatro dimensiones que hemos establecido como determinantes de la realidad subjetiva; o sea: 1ªD) ***cómo***, lo eternamente cambiante controlado por *Aión*; 2ªD) ***qué***, lo perecedero controlado por *Krónos*; 3ªD) ***cuándo***, la oportunidad de cambio manejada por *Kairós*; y 4ªD) ***porqué***, el cambio de dimensión posibilitado a través del 'pliegue'.

A su vez cada tiempo, individualmente, cumple con la misma disposición dimensional:

Krónos: (***qué***) = muerte - (***cómo***) = creencia - (***cuándo***) = eterno presente

Aión: (***qué***) = vida - (***cómo***) = deseo - (***cuándo***) = pasado-presente-futuro

Kairós: (***qué***) = necesidad - (***cómo***) = satisfacción - (***cuándo***) = ahora

El ***por qué*** los involucra, dinámica y heterárquicamente (simultáneamente) a todos.

4. El Sistema Nervioso Central y el tiempo

Hay suficiente evidencia como para componer un modelo del manejo temporal en el Sistema Nervioso Central (SNC) similar al propuesto. Sin abundar en detalles revisaremos los subsistemas que administran tanto la relación del sujeto con el tiempo cronológico como así también, la disposición del tiempo interno o psíquico. (Figura 3)

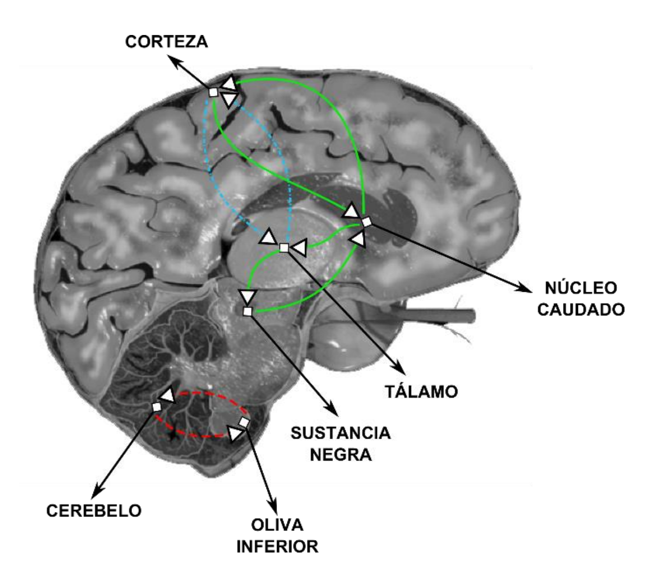


Fig. 3 MARCAPASOS NEUROLÓGICOS
Referencias: —— (percepción) – · – · (estructura psíquica) – – – (movimiento)

El SNC, como cualquier órgano de nuestro cuerpo, funciona gracias a que sus principales células, las neuronas, tienen la capacidad de mantener en forma permanente y debido a un alto consumo de energía, un desbalance eléctrico entre su interior y el entorno donde se encuentran.

Este ‘motor eléctrico’, sinónimo de vida celular, en el ámbito neuronal tiene además, algunas características particulares. Tal vez la más relevante sea la posibilidad de modificar en forma autónoma su nivel de excitación; es decir, generar estímulos y propagarlos según las distintas necesidades funcionales; o por el contrario, inhibir su funcionamiento para modular sus respuestas.

No todas las neuronas administran el mecanismo anterior de la misma forma (Llinás, 1988), dando origen a un comportamiento oscilatorio, lo que les permite conformar redes que trabajan a distintas frecuencias. Esto hace que algunas células nerviosas puedan regular y modular la actividad cerebral, transformándose en verdaderos marcapasos, que indican qué hacer, cómo y cuando hacerlo.

Podemos describir tres marcapasos neurológicos (Figura 3). El marcapasos formado por las conexiones entre los ganglios basales, el tálamo y la corteza cerebral, encargado de ordenar los patrones percibidos y coordinar con el nivel de consciencia existente en el momento de la percepción para seleccionar las acciones adecuadas como respuesta a los estímulos recibidos. (Salatino, 2013, p. 101)

Un marcapasos que permite explicar, entre otras cosas, el mecanismo que posibilita unificar el proceso perceptivo a través del funcionamiento diferencial del circuito tálamo-cortical, en donde, los núcleos talámicos específicos reciben lo que aporta el entorno (la realidad externa), y los núcleos talámicos inespecíficos le dan el contexto temporal necesario al contenido anterior (Llinás, 1988, p. 1661). El mecanismo que aquí subyace es la detección por simultaneidad relativa que opera a nivel de las células piramidales de la corteza cerebral (Llinás, 1994, p. 262), lo cual le permite además, controlar el proceso necesario para otorgar sentido a los hechos percibidos, y dar lugar así, a la estructura psíquica. (Salatino, 2013, p. 109)

Por último, el marcapasos representado por las conexiones entre la oliva inferior (bulbo raquídeo) y el cerebelo, que es el encargado de generar y coordinar las respuestas motoras seleccionadas por los ganglios basales o de aprender nuevas rutinas, funcionando de

esta forma, como una memoria operativa en donde las rutinas aprendidas, con la debida experiencia, se transforman en hábitos; o sea, rutinas motoras que se ejecutan automáticamente.

Por otro lado, existe un marcapasos psíquico (Ibídem, p. 176), que operando en las mismas estructuras neurológicas ya descritas permite controlar, a la vez, los distintos aspectos evolutivos y funcionales de la psiquis. Este aspecto funcional está sustentado en una suerte de motor temporal.

4.1. Estructura y función del aparato psíquico

Ante un hecho real nuestro SNC reacciona, básicamente, de la siguiente forma (Salatino, 2016a):

1) Percibe (recibe un estímulo) y evalúa lo percibido, preparando el sistema para la elaboración de una respuesta adecuada.
2) Elabora una respuesta según patrones innatos o los aprendidos con la experiencia.
3) Ejecuta la respuesta, ya sea en forma automática (por ser una rutina innata) o siguiendo las pautas de un hábito.

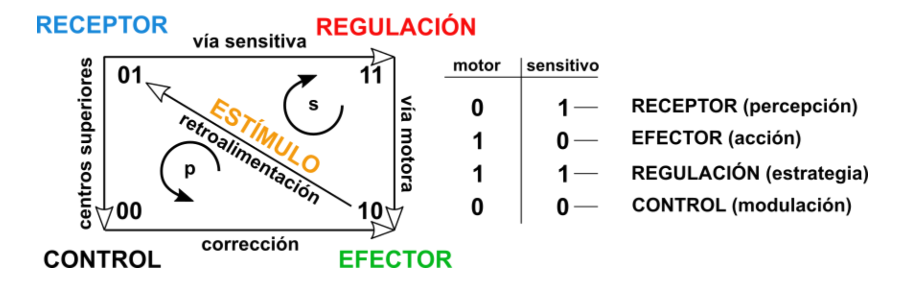


Fig. 4: PAU del control automático del SNC

Se puede ver en la Figura 4 que todo comienza con un estímulo, que tanto puede venir desde el exterior como desde el propio ámbito corporal y que impacta en el receptor. Por una vía sensitiva la señal viaja hasta los centros reguladores en donde se lleva a cabo la selección del tipo de respuesta según una estrategia y una táctica determinadas. ¿En qué se basa esta selección? Pongamos como ejemplo que somos agredidos por el fuego. Ante esta situación puedo tener dos actitudes: defenderme o atacar. La defensa puede estar dada, en lo estratégico, por la huida y en lo táctico, por hacerlo lo más rápido posible; mientras que el ataque se puede orientar a tratar de apagar el fuego. El proceso de regulación cumple con la función de restablecimiento, lo más rápido posible, del estado de equilibrio previo a la aparición de la perturbación que significa, para el sistema, un estímulo. (Todo esto ocurre a nivel superficial **– s** en la figura).

Las señales que se originan al ejecutar la respuesta ante el estímulo, retroalimentan el sistema para que sean ‘comparadas’ con las originadas por el mecanismo regulador. Si existiera alguna diferencia (error), es enviada a los centros superiores de control, que son los encargados de realizar los ajustes cualitativos (neuromodulación), lo que puede demandar varios ciclos profundos (**p** en la figura anterior). He aquí donde se inicia el aprendizaje de una tarea nueva y lo que luego dará origen a los PAF (Patrones de acción fijos) (Llinás, 2003, p.155), fundamento de nuestros hábitos o conductas automáticas.

Los procesos detallados anteriormente son llevados a cabo por estructuras neurológicas específicas que cumplen dichas funciones. De esta forma se da sostén a la función y estructura psíquicas, respectivamente.

Debe quedar claro, aunque parezca extraño, que los aspectos funcionales del SNC dan lugar a la estructura del aparato psíquico, mientras que sus estructuras nerviosas (desde las neuronas dispuestas en arreglos en forma de columnas hasta los distintos núcleos de sustancia gris) permiten que se desarrolle el normal funcionamiento de dicho aparato.

"Todos los seres vivos dependen de la información que tengan sobre su mundo exterior y su mundo interior" (Barth et al., 2012) – y podríamos agregar – de que puedan establecer una relación entre ellos mediante un aprendizaje, un conocimiento y una interpretación adecuados, sin lo cual su supervivencia sería imposible. En los animales superiores y en el hombre por medio de un mecanismo adaptativo, se ha desarrollado una importante variedad de 'filtros específicos' que les permiten adquirir todo aquello que es ajeno a su experiencia. Esos filtros no son otra cosa que los sistemas sensoriales (externos e internos) que le permiten al sujeto relacionarse con su entorno; algo relevante si se tiene en cuenta que determina el comportamiento y la conducta que ese sujeto exhibirá en función de preservar su vida.

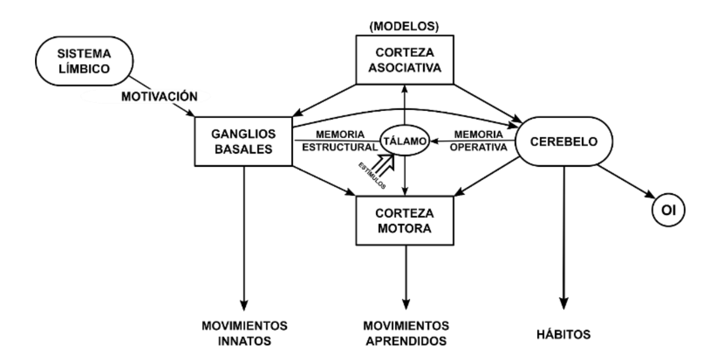


Fig. 5 Estructuras del SNC del funcionamiento psíquico

El esquema anterior resume el sustrato anatómico que justifica las reacciones del SNC. Esto es, la percepción de los estímulos que una vez llegados al tálamo[17] se distribuyen entre los ganglios basales[18] (GB) y la corteza cerebral. Los GB cumplen con varias funciones motoras, cognitivas y afectivas, dadas las conexiones que mantienen con la corteza cerebral, el sistema límbico[19] y el cerebelo. Entre las funciones de los GB se cuentan: la selección de la respuesta apropiada en caso de existir experiencia previa o de una respuesta automática cuando ya se ha conformado un hábito, pero también, seleccionar alguna respuesta innata (reflejos) o disponer la estructura nerviosa para aprender una respuesta nueva.

La conexión de los GB con el sistema límbico asegura el grado de motivación necesaria para adecuar la respuesta a las exigencias del entorno y dotarla de la atención (nivel de consciencia) suficiente como para proyectarla, pero además, para 'registrarla' (Memoria estructural).

Cuando una respuesta es utilizada reiteradamente se automatiza y es registrada en la corteza cerebelar. El cerebelo es quien se encarga del manejo de estos patrones automáticos que sustentan los hábitos motores (caminar, hablar, etc.) (Memoria operativa). La conexión bidireccional entre GB y cerebelo permite no solo la selección adecuada del patrón motor, sino su conformación.

---

[17] Parte del encéfalo situada en la base del cerebro formada por 80 núcleos grises donde recalan todos los estímulos sensoriales, excepto los provenientes del olfato que van directamente a la corteza.
[18] Conglomerado de cinco núcleos grises situados en la base cerebral formados, algunos por neuronas sensitivas, otros por neuronas motoras, y otros más por neuronas que sin ser sensitivas ni motoras cumplen una función moduladora.
[19] Parte del cerebro que regula las emociones, la memoria, el hambre y los instintos sexuales.

Finalmente, la conexión de los GB con la corteza asegura el cumplimiento de, tal vez, la función cerebral más importante: la predicción de una respuesta. Cuando se encuentra una solución adecuada a un requerimiento del entorno; es decir, cuando se le encuentra 'sentido' a las exigencias y se 'sabe' qué hacer para 'continuar con vida', ya sea desde el punto de vida biológico, como también, psíquico (asegurando una apropiada relación con el entorno) y social (garantizando una relación conveniente con los demás para garantizar la inclusión), queda 'registrado' en la corteza cerebral asociativa una especie de 'modelo' que es consultado vía los GB, para si es el caso (para responder a una situación ya dada con anterioridad), disparar una respuesta anticipada a lo que se presente.

La conexión entre el tálamo y la corteza se encarga de la elaboración de la respuesta, actividad cognitiva que significa la toma de decisiones mediante un mecanismo inconsciente, como asimismo, el soporte consciente imprescindible, algo esto último que se consigue cuando opera el 'detector de simultaneidad' (Llinás et al., 1998) que radica en el sistema talamocortical que es el que se encarga de aportar el contexto temporal inherente al hecho real percibido (el aquí y ahora).

El cerebelo y su conexión con la oliva inferior[20] (OI) es donde se registran (Memoria operativa) las rutinas motoras que están destinadas a convertirse, con la experiencia, en hábitos. Puesto de otra forma, aquellas rutinas que se compaginan en forma inconsciente,

---

[20] Complejo nuclear de sustancia gris ubicado a nivel del bulbo raquídeo (parte alta de la médula espinal) que recibe una multitud de aferencias sensoriales y motoras y origina las llamadas *fibras trepadoras* que se distribuyen por todo el cerebelo para ajustar, temporalmente, las rutinas motoras.

quedan disponibles para cuando sean necesarias y proyectarlas en forma consciente.

5. Filogénesis del SNC y la realidad subjetiva

La forma más simple de encarar el funcionamiento del SNC es mostrar que en él hay huellas evolutivas que determinan los distintos sistemas que atienden a los diversos planteos que nuestra realidad subjetiva nos hace y a los cuales debemos darle una solución adecuada si es que pretendemos seguir siendo parte de ella el mayor tiempo posible.

La evidencia filogenética nos muestra un SNC con una arquitectura neuroanatómica tripartita relacionada con la organización del comportamiento (movimiento y otras conductas) (Salatino, 2012). (Figura 6) Según la antigüedad evolutiva, y solo con fines didácticos, podemos identificar cada una de estas partes como: 1) *cerebro neuronal* en donde la estructura psíquica depende solo del funcionamiento de las neuronas y las estructuras que le dan soporte son el tallo cerebral[21] y los ganglios basales; 2) *cerebro visceral* que asienta en el sistema límbico[22] en donde son las redes neuronales de donde surgen los afectos que estructuran la psiquis; y 3) *cerebro cortical* cuyo sustento es la corteza cerebral en su

---

[21] *Tronco del encéfalo o tallo cerebral*: está formado por el mesencéfalo (o cerebro medio), la protuberancia anular y el bulbo raquídeo.

[22] *Sistema límbico*: compuesto por la amígdala, tálamo, hipotálamo, hipófisis, hipocampo, el área septal (formada por el formix, cuerpo calloso y fibras de asociación), la corteza órbitofrontal y la circunvolución cingulada. La función mancomunada de estas estructuras está relacionada con las respuestas emocionales, el aprendizaje y la memoria. También nuestra personalidad, nuestros recuerdos y en definitiva el hecho de ser como somos como individuos, depende en gran medida del sistema límbico.

grado de máximo desarrollo lo cual permite al ser humano, y solo a él, lograr una estructura psíquica (arreglos neuronales) que le permite el manejo del fenómeno cognitivo como manifestación suprema de su subjetividad.

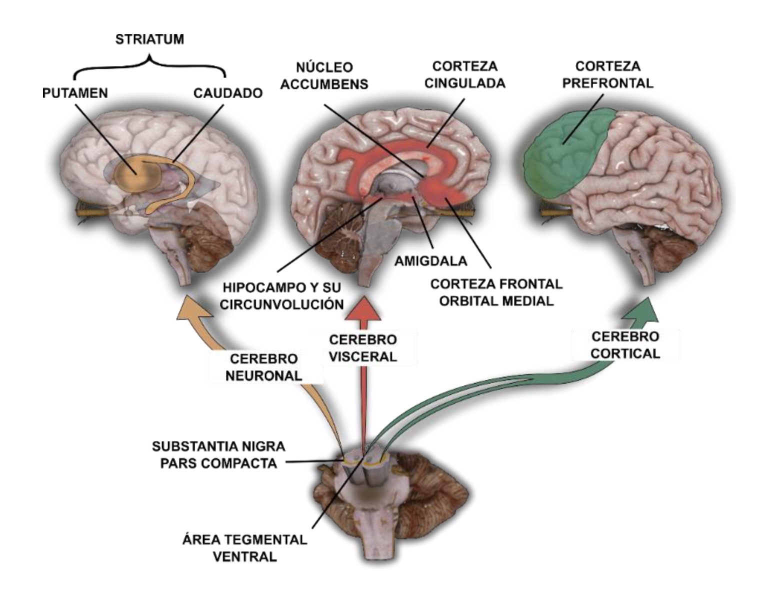


Fig. 6 Sistema dopaminérgico

La dopamina es un neurotransmisor que está presente en distintas áreas del SNC y es muy importante en la regulación de la actividad motora del organismo, es decir, en la proyección de la respuesta; pero además, en la cognición, en la motivación, en la producción de leche, en el sueño, en el humor, en la atención y en el aprendizaje. En otras palabras, es la dopamina la que pone en funciones los distintos estratos de la estructura psíquica descritos de acuerdo al sistema real (Salatino, 2009) que se deba atender; o sea, el biológico o bio-externo (cerebro

neuronal), el psíquico o psico-interno (cerebro visceral), o el sociocultural (cerebro cortical).

La dopamina es quien define, como acabamos de ver, qué estructuras forman parte de cada uno de estos 'cerebros evolutivos', pero el mecanismo íntimo que permite la selección de uno de ellos según al sistema real que haya que prestar atención es de índole temporal, ya que cada uno tiene como guía a uno de los marcapasos neurológicos descritos anteriormente. Los tres marcapasos tienen una frecuencia de base que los identifica, así: el marcapasos de los GB (percepción) oscila aproximadamente a 80 Hz, el marcapasos tálamocortical (estructura psíquica) a 40 Hz y el marcapasos olivocerebeloso (movimiento) aproximadamente a 10 Hz.

6. Tiempo psíquico

¿Dónde reside el manejo del tiempo propiamente dicho?

Pues, en el marcapasos psíquico, residente en la corteza cerebral y en donde también se aloja la estructura psíquica, la regente que desde su funcionamiento determina la organización funcional de todos los demás marcapasos. (Figura 7)

Dentro de la minicolumna teórica hemos idealizado una célula psíquica o psicocito que representa un arreglo lógico-funcional formado por 16 neuronas teóricas fuertemente interconectadas a modo de un hipercubo que permite dejar constancia del funcionamiento y disposición neurológica del SNC según las últimas investigaciones. (Figura 8)

Veamos en forma sucinta esta estructura:

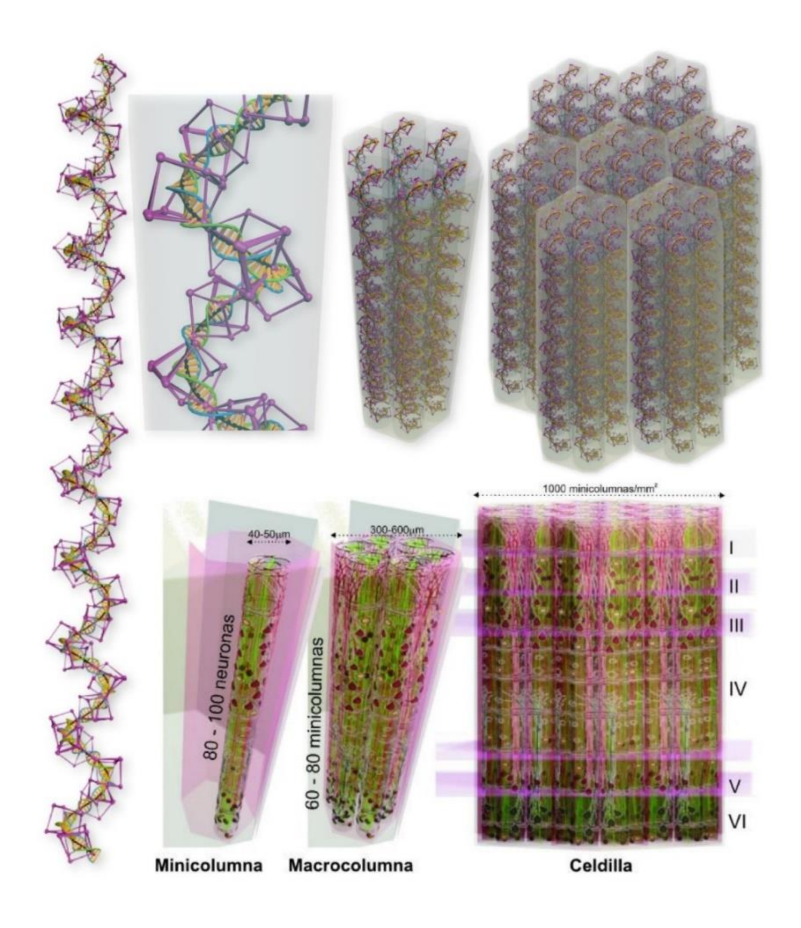


Fig. 7 *Corteza cerebral*

Referencias: los gráficos inferiores corresponden a una recreación propia de la corteza cerebral del área 17 (corteza visual) del mono. Los gráficos superiores y lateral izquierdo, son una emulación de dicha estructura, desde la LT (Salatino, 2009)

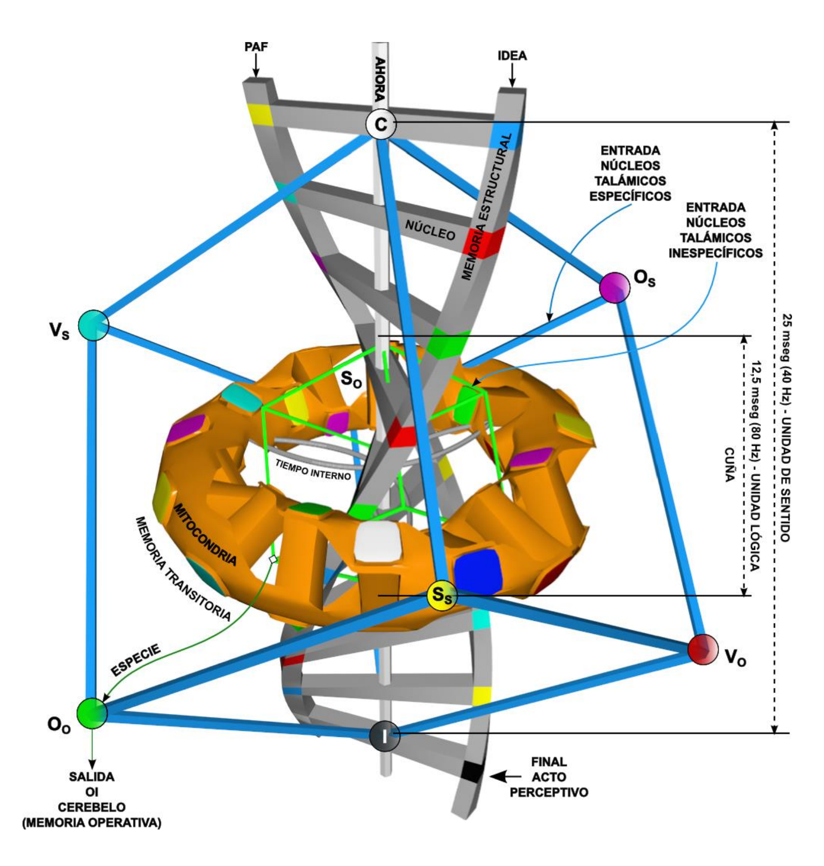


Fig. 8 *Psicocito o célula psíquica*
Referencias: C = consciencia – I = inconsciencia – OI = oliva inferior

La figura anterior muestra la disposición teórica que tendría el ADN psíquico[23] dentro de un psicocito, que es donde se emplaza la memoria estructural o historia del sujeto (estructura psíquica) que está regida por el tiempo

---

[23] Llamado así por la semejanza que le hemos dado con la molécula de ADN.

externo o cronológico, ya que habría un registro de un hecho real cada 25 mseg. (40 Hz)

Debemos destacar algunas características de esta célula psíquica: por su núcleo, que llamamos *especie*, pasa un helicoide cuyo eje representa los 'ahora' del tiempo cronológico; esto es, cuando entran en contacto el tiempo cronológico y el tiempo psíquico (pliegue temporal), mientras que sus brazos, uno representa las 'ideas' o la constancia de un hecho real al que se le encontró sentido; en tanto que el otro pone a disposición la respuesta o PAF (patrón de acción fija) que corresponde al estímulo percibido. Además, se pueden ver en la figura las entradas desde el tálamo al núcleo celular y a su periferia, como así también, las salidas a la OI y al cerebelo en donde se encuentra la memoria operativa (de las rutinas aprendidas y los hábitos). Finalmente, hacemos hincapié en que el eje de los 'ahora' pasa por una de las diagonales principales de este hipercubo que representa el psicocito. La relación entre los extremos de esta diagonal dejan constancia, cuando el psicocito está totalmente desplegado[24], del nivel de consciencia que muestra el sujeto.

La estructura oscilante de nuestra psiquis es la minicolumna (Figura 7) que puede estar compuesta, solo a modo de ejemplo, por 40 psicocitos, los cuales tienen la capacidad de registrar 25 mseg del tiempo cronológico,

---

[24] Hay situaciones, como por ejemplo cuando dormimos, en que el psicocito se 'colapsa' siguiendo el eje de los 'ahora', desconectando, por un lado de las entradas y por otro de las salidas; algo típico durante el sueño en donde no percibimos desde afuera, tampoco podemos ejecutar respuestas motoras intencionales, y nuestro estado de consciencia está francamente disminuido.

cada uno. Esto le daría a la minicolumna la posibilidad de un registro temporal de 1 segundo (1000 mseg).

El manejo del tiempo psíquico, cualitativo o interno se lleva a cabo mediante tres relojes. (Figura 9)

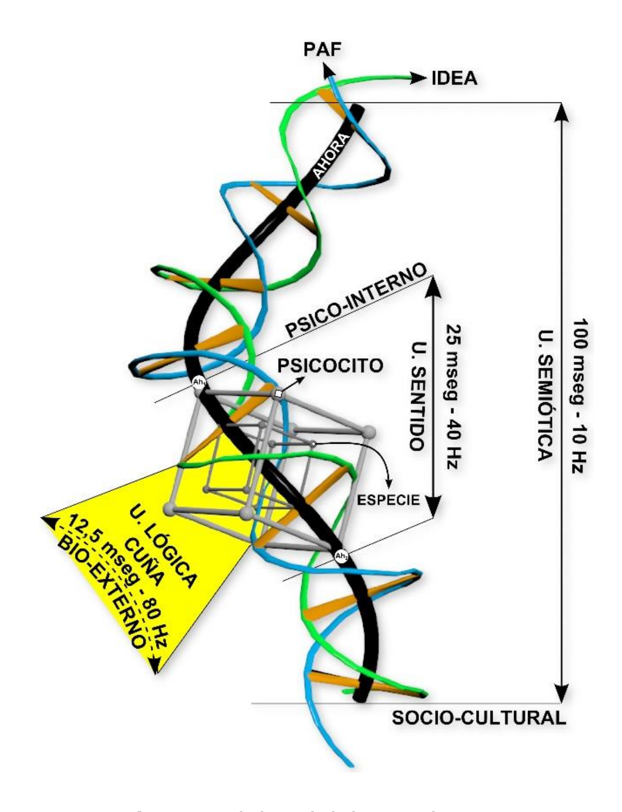


Fig. 9 *Relojes del tiempo interno*

La figura anterior nos muestra cómo se disponen las estructuras psíquicas alrededor del eje del tiempo cronológico o externo (ahora) que también forma una hélice. Por razones de claridad hemos representado solo

una vuelta de dicha espiral, en donde se ha discriminado las distintas unidades funcionales; es decir, las distintas frecuencias en las que oscila la minicolumna, lo que es utilizado como mecanismo selector de lo que hay que registrar de un sistema real determinado (idea), y para elaborar y también registrar la respuesta correspondiente ante lo percibido (PAF), dos de los elementos que conforman la estructura psíquica.

Vemos que en la figura quedan definidas tres unidades operativas. Estas son: la *unidad lógica* que se pone en funciones cuando la minicolumna oscila a 80 Hz y sirve para operar en la cuña temporal, o sea, en la mitad del tiempo que transcurre entre dos *ahora* consecutivos (Ah_1 y Ah_2), en donde está involucrada la especie o la unidad estructural de la psiquis (núcleo del psicocito), cuyo manejo es inconsciente y está ligada al sistema bio-externo. La *unidad de sentido*, cuando la minicolumna oscila a 40 Hz, que es utilizada para poner en funciones todos los sistemas que operar durante la vigilia (también durante el sueño): en el primer cuarto del tiempo entre los *ahora*, el sistema perceptivo, y en el último cuarto de este tiempo, el sistema motor para dar una respuesta adecuada ante lo que se percibió. Así se completan los 25 mseg que maneja un psicocito o la unidad funcional de la psiquis, de naturaleza inconsciente y fundamento del sistema psico-interno.

Finalmente, se selecciona la *unidad semiótica* cuando la minicolumna oscila a 10 Hz, involucrado a cuatro psicocitos. De naturaleza mixta (consciente e inconsciente) se utiliza para comunicarse con el entorno y con los demás, por lo que está ligada al sistema sociocultural.

Resumiendo, para el manejo integral de la psiquis se dispone de una serie de marcapasos neurológicos que operan el circuito tálamocortical (de índole cognitiva) mediante simultaneidad relativa; mientras que el sistema olivocerebeloso (de índole volitiva) opera a través de una simultaneidad absoluta. El marcapasos psíquico, por su parte, opera con simultaneidad absoluta para identificar los elementos constitutivos de los hechos reales (Salatino, 2013, p. 275), por lo que, además de permitir la construcción de una estructura psíquica acorde a lo percibido, posibilita conocer la realidad subjetiva, esto es, 'hacerla carne'.

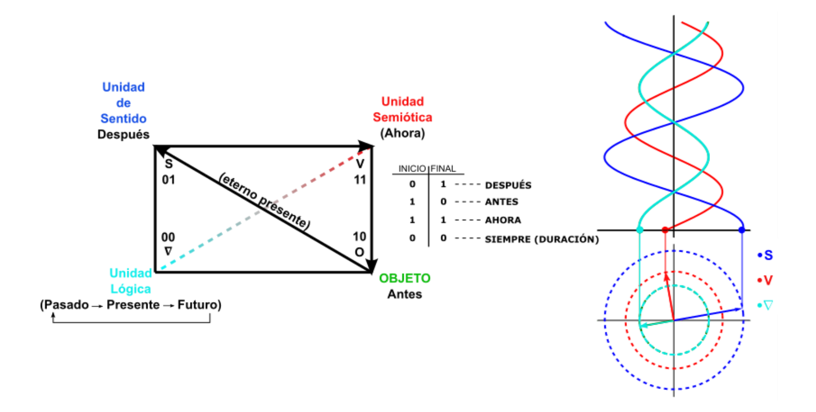


Fig. 10 *PAU de las unidades operativas y la modulación*

La Figura 10, además de mostrarnos las claras relaciones existentes entre las distintas unidades operativas, nos indica cómo se hace la selección de cada una de ellas cuando se está operando con una sola onda portadora (por ejemplo, de 40 Hz como ocurre en la corteza cerebral). En este caso, el mecanismo selector es la modulación de fase, en donde la fase de la onda

portadora varía en forma directamente proporcional de acuerdo con la señal modulante.

6.1. Dinámica del tiempo psíquico

La coordinación temporal de las unidades operativas dan lugar a una especie de 'geometría funcional' que se concreta en la estructura y en el funcionamiento del psicocito.

El psicocito es planteado como un ensamble temporal sincrónico de dos ciclos con sentido de giro opuesto que permite 'retener' en su transcurrir, los aspectos que surgen del contacto que la psiquis (el sistema psico-interno) mantiene con el exterior, ya sea extracorpóreo o de dentro del organismo.

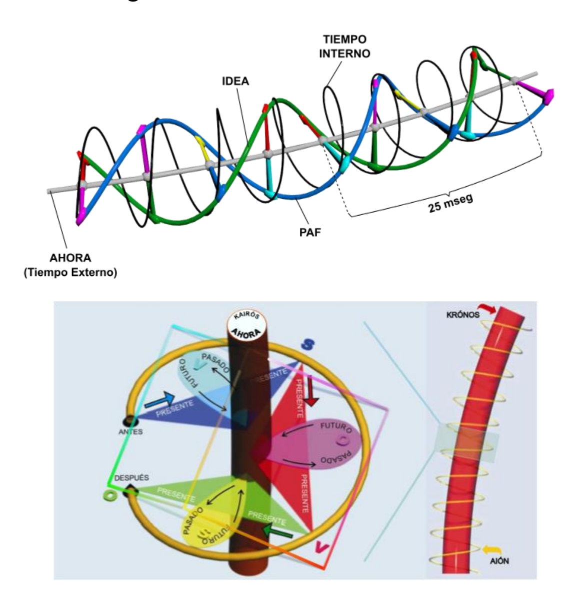


Fig. 11 *ADN psíquico y el tiempo interno*

La Figura 11 muestra la relación que se propone entre la estructura psíquica (ADN psíquico) y el tiempo interno. En el esquema superior vemos un despliegue helicoidal del tiempo interno, similar al que muestran los elementos que conforman la estructura, como también presenta, aunque con un radio mucho mayor, el tiempo externo representado por el 'ahora'. La única diferencia que allí se puede apreciar es la mayor frecuencia del tiempo interno con respecto a los demás ciclos.

Pero en el esquema inferior podemos ver que el tiempo interno, en realidad, describe un 'trifolio' que cicla en sentido inverso por el pasado, futuro y ahora (dentro del eterno presente) y a mayor velocidad que el 'triángulo' superficial que representa al tiempo externo, en su único y 'eterno presente'.

Esta representación mediante un trifolio del tiempo interno no es caprichosa, sino que surge de una exigencia de la LT respecto a la disposición dinámica de los niveles superficial y profundo, que deben girar en sentido opuesto. Una forma de resolver esto es a través de la Topología (Figura 12).

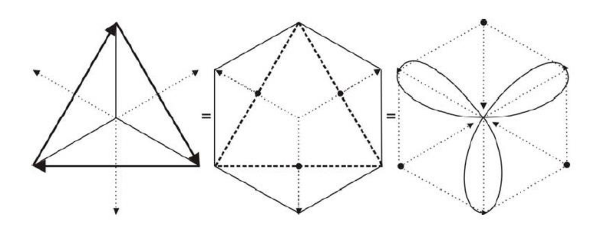


Fig. 12 *Homeomorfismo topológico*

El esquema anterior muestra que el triángulo y el trifolio son homotópicos, es decir, que uno puede deformarse, continuamente, en el otro sin que se alteren sus

relaciones fundamentales; esto es, ambos son lo mismo pero visto de otra manera. Esta transformación permite respetar las características básicas exigidas al tiempo interno: que cicle en sentido inverso y que lo haga a mayor velocidad que el tiempo externo.

6.2. ¿Cómo funciona el modelo propuesto?

El tiempo que maneja la física, que aquí reconocemos como tiempo externo, limita su acción a la simultaneidad. De hecho, todo lo que consideramos habitualmente relacionado al tiempo tiene que ver con acontecimientos simultáneos, es decir, es una conducta habitual fijar lo que sucede a nuestro alrededor mediante la hora que marca un reloj.

Einstein (1905) nos enseñó desde su relatividad restringida que la simultaneidad es relativa, o sea, no es posible decir con absoluta certeza que dos acontecimientos que se produjeron en lugares diferentes puedan haber sucedido al mismo tiempo. Para probar este fenómeno podemos revisar un ejemplo sencillo: en una habitación de forma cúbica en la cual se encienda una luz en su centro todas sus paredes, como así también el techo y el piso, se iluminarán al mismo tiempo ya que todos están a igual distancia de la fuente lumínica. Un observador colocado sobre ese centro, así lo vería. Pero si hay otro observador en esa habitación que está por ejemplo, respaldado sobre una de las paredes, verá que esta se ilumina antes que la que tiene enfrente ya que el camino que tiene que recorrer la luz para iluminar aquella es más largo, por tanto, para este observador el hecho deja de ser simultáneo.

Si ahora desplazamos la habitación a una velocidad determinada, para el observador que viaja dentro de ella

ubicado en su centro, nada habrá cambiado ya que la iluminación seguirá siendo simultánea, pero para alguien que esté fijo en algún lugar fuera de la habitación, observando cómo esta se aleja, la simultaneidad desaparece y esto es debido a que si bien todas las partes de la habitación se iluminan simultáneamente, la distancia que separa al observador estático de cada una de las paredes es distinta y entonces esta información le llega en diferentes tiempos.

Si aceptáramos que lo anterior representa dos aspectos distintos del mismo hecho real, podríamos aceptar también que cada uno de esos aspectos está referido a un sistema de coordenadas distinto. En otras palabras, son un hecho único visto desde dos referenciales diferentes. Para relacionar estos aspectos bastará con idear algún sistema que permita transformar uno de los sistemas de coordenadas en el otro y viceversa.

En nuestro caso ¿cuáles son los aspectos de un hecho real a ser considerados? Estos aspectos son dos: a) el cuantitativo o externo, lo que se ve y se puede medir, lo discreto y que será tomado en esta comparación como el sistema de referencia o lo estático; en pocas palabras, lo objetivo y b) el cualitativo o interno, lo que no se ve y por ende no se puede medir, lo continuo, lo que en esta comparación será tomado como lo que se mueve o lo dinámico, es decir, lo subjetivo. Ambos aspectos forman lo que llamamos en LT una identidad (Salatino, 2012).

De las identidades definidas por la LT vamos a tomar una de ellas: sujeto objetivo(S_O)/sujeto subjetivo (S_S), recordando que cada uno de sus componentes ocupa una contextura distinta. Así, S_O radicado en el nivel superficial sirve de contacto con el medio externo circundante y representa parte de lo objetivo, mientras que S_S alojado en el nivel profundo, es lo que caracteriza parte de la

subjetividad. Según lo anterior y lo especificado más arriba, podemos decir entonces que S_O y S_S están referidos a coordenadas distintas.

Para explicar cómo funciona el tiempo interno, que como pudimos ver en el punto anterior parece ser el responsable de la única posible simultaneidad que podríamos caracterizar sin contrariar la física relativista y abusando de la paciencia de Einstein, vamos a proponer una competencia que tendrá como protagonistas: por un lado, el que presuntuosamente llamaremos Yo superficial (S_O), quien será el representante del mundo cuantitativo y adorador del dios Krónos. Por otro lado, el no menos presuntuoso Yo profundo (S_S), representando el mundo subjetivo y devoto del dios Kairós.

Para seguir de cerca las alternativas de la disputa a protagonizar por esta dupla politeísta, vamos a ponerle algunos números al ejemplo. El desafío consiste en que un competidor, en este caso S_O, debe recorrer una distancia de 25 cm en 25 mseg, es decir a una velocidad de 10 m/seg; mientras que el otro competidor (S_S) debe recorrer el doble de distancia (50 cm) a una velocidad que como máximo puede alcanzar el doble de la del otro competidor, es decir, 20 m/seg. La consigna a cumplir es que ambos deben llegar a la meta al mismo tiempo o simultáneamente, o sea, a los 25 mseg de haber partido.

A cada competidor se lo ha provisto del equipo necesario para la contienda. Al S_O de una linterna y de dos relojes, uno para controlar su tiempo de viaje y otro para controlar el tiempo de su competidor y al S_S, de una linterna y de un reloj para controlar su tiempo. Las reglas a cumplir, fuera de no sobrepasar la velocidad máxima, son: el S_S debe hacer una señal lumínica para avisarle a su competidor cada vez que haya cubierto ¼ de su trayectoria, esto es, cada 12.5 cm recorridos; mientras

que el S_O tiene que avisarle a su competidor, de la misma forma, cuando haya cubierto la mitad de su camino, es decir, 12.5 cm. Comienza la competencia (Figura 13): ambos contendientes parten desde 0 cm y a la hora T = 0, con la misma velocidad: 10 m/seg, es decir, c/2.

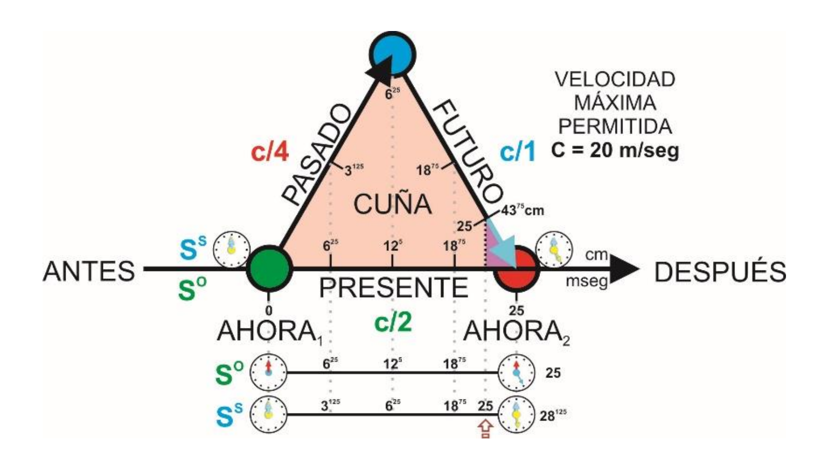


Fig. 13 *Simultaneidad y sucesión*

El S_O discurre a una velocidad constante por lo que podríamos rotular como el presente comprendido entre dos AHORA concretos, el S_S en cambio, se interna en las profundidades del tiempo en busca de un futuro. El S_O recibe la primera señal lumínica del S_S, mira su reloj y comprueba que marca la hora T+6.25 mseg. Esto quiere decir que es como si el S_S hubiera recorrido 6.25 cm en la superficie. Como sabe que el S_S lleva una velocidad igual a la suya (10 m/seg) y como, según lo convenido, la señal que este envió, representan 12.5 mseg de su tiempo, una simple regla de tres le permite deducir que, desde la superficie el S_S aparenta moverse con una velocidad de 5 m/seg, esto equivale a la mitad de la velocidad de

superficie y un cuarto de la máxima permitida (c/4) y por tanto, el S_O registra en el reloj del S_S T+3.125 pues, desde afuera es como si en realidad hubiera recorrido 3.125 cm y, por tanto, ha empleado tal cantidad de milisegundos.

El S_O recibe la segunda señal lumínica y a la vez envía su señal al S_S según lo establecido, porque ya ha recorrido la mitad de su camino. Los cálculos que hace el S_O le permiten comprobar que el S_S persiste en ir a una velocidad aparente de 5 m/seg por lo que, sin ocultar el asomo de una sonrisa triunfadora, registra en el reloj del S_S la hora T+6.25 mseg y en el suyo T+12.5 mseg. El S_O recibe la tercera señal lumínica y como han pasado, según su reloj, 6.25 mseg desde la anterior, deduce que al tardar ese tiempo en recorrer 12.5 cm, la velocidad del S_S se ha incrementado a 20 m/seg (c/1, la máxima permitida). Sin dudas el S_S entendió el mensaje enviado por el S_O, diciéndole que estaba retrasado y aceleró; igual, el S_O piensa que es un hecho que él será el ganador pues, para que ambos hubieran llegado a destino al mismo tiempo, el S_S tendría que haber adoptado la velocidad máxima permitida desde el principio. Entonces más contento que antes, se dispone a registrar en el reloj del S_S la hora T+18.75 igual que en el suyo.

Restan 6.25 mseg para terminar la competencia. Transcurridos 3.125 mseg desde entonces, el S_O, aunque casi seguro de su triunfo, igual decide hacer una comprobación por su cuenta para asegurar definitivamente el festejo. Para esto y suponiendo que el S_S sigue a una velocidad de 20 m/seg, calcula qué hora tendría que registrar en el reloj del S_S en este preciso instante. Para hacer el cálculo supone lo siguiente: si en 1000 mseg (1 segundo) recorre 2000 cm (20 metros), en 3.125 mseg de la superficie, que es donde el S_O está parado ahora, recorrerá 6.25 cm. Mayúscula es su

sorpresa cuando hace la simple suma: 18.75 + 6.25 = 25 ya que, si se respetan las equivalencias (1 cm = 1 mseg), el S_S acaba de alcanzar los 25 mseg, o sea, ha alcanzado el 'futuro' antes que él y por tanto es virtualmente el ganador. Sospechando que el S_S pudo haber hecho trampas desplazándose a una velocidad mayor que la permitida, realiza un cálculo sencillo para obtener la prueba que permita una posible impugnación del resultado. Piensa, si cuando alcanzó los 25 mseg, llevaba recorridos 43.75 cm de su trayectoria y este tramo lo cubrió en 21.875 mseg según los registros de su reloj en la superficie, en 1000 mseg (1 segundo) recorrerá 2000 cm. Este resultado sume al S_O en una profunda frustración pues esto significa una velocidad de 20 m/seg con lo que se comprueba que el S_S ha respetado las reglas del juego. Transcurren los 3.125 mseg restantes y obviamente se produce el encuentro de ambos competidores en la meta, en el mismo momento. El S_O procede, no sin sorpresa, a registrar la hora T+28.125 mseg en el reloj del S_S como el tiempo final empleado en el recorrido y mayor la sorpresa aún cuando al comparar el reloj que el S_S trae consigo con el suyo propio; comprueba que ambos marcan la hora T+25 mseg. El S_O, respetuoso de los datos que ha podido comprobar empíricamente, acepta como legítimo ganador al S_S a pesar de, aparentemente, haber alcanzado la meta al mismo tiempo que él.

¿Qué nos muestra el ejemplo analizado?

Tomando como presente la línea que divide el pasado del futuro en la Figura 13 se comprueba que en la superficie se llega antes al presente que en la profundidad. Hay un retardo en el tiempo interno en la primera fase que permitiría 'llenar' parte de la memoria transitoria, como ya veremos. En cambio, se llega antes al futuro en la

profundidad que en la superficie, algo que permitirá explicar, como también veremos luego, la predicción. La brecha que queda entre un ahora y el otro será conocida a partir de aquí con el nombre de 'cuña temporal' y es en ella en donde hemos comprobado que suceden cosas con el tiempo interno mientras en la superficie nada cambia.

Finalmente, se demuestra que Einstein (1905) estaba en lo correcto en sus planteos: a) la simultaneidad de los hechos es solo aparente. Como hemos comprobado, los relojes al final de la competencia señalan una diferencia de 3.125 mseg cuando ambos competidores se encuentran nuevamente en la superficie, lo cual a la vez que invalida la simultaneidad reivindica la intuición que nos hace sospechar que la realidad generalmente no es lo que aparenta; b) la contracción de la longitud y la dilatación del tiempo (43,75 cm recorridos en 28.125 mseg, en vez de 50 cm en 25 mseg) lo que prueba algunas de las consecuencias derivadas de los postulados de la teoría de la relatividad restringida[25], algo que solo fue posible porque el S_S en realidad viajó durante todo el tiempo al doble de la velocidad que llevaba el S_O que lo observaba desde un sistema de referencia en movimiento y en la relatividad restringida esto equivale a viajar, como máximo, a la velocidad de la luz, lo que coloca al tiempo interno en otro marco de referencia.

La Figura 13 sintetiza la propuesta que la LT hace sobre el tiempo interno o psíquico

---

[25] Consecuencias derivadas de la teoría de la relatividad restringida: 1) El reposo o el movimiento uniforme de un sistema son indetectables desde el propio sistema de referencia; 2) En todo sistema de referencia en movimiento el tiempo transcurre más lentamente; 3) En todo sistema de referencia en movimiento los cuerpos se contraen en la dirección del movimiento y 4) No se puede superar la velocidad de la luz. (Extractado de Einstein 1905).

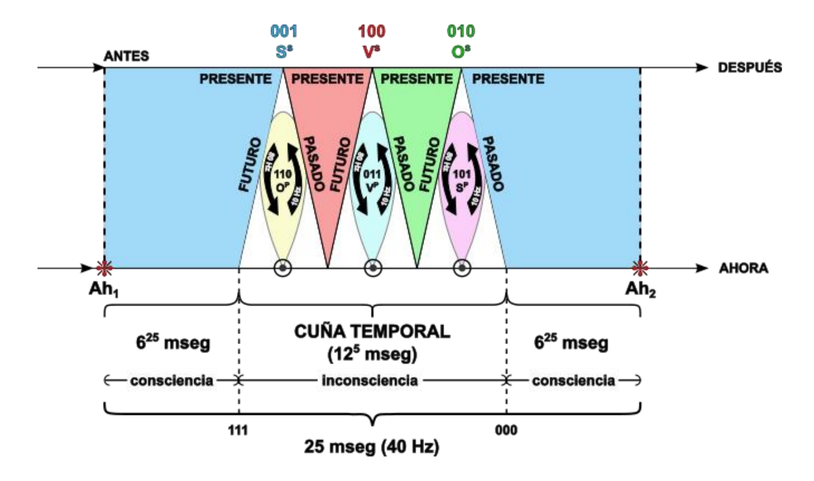


Fig. *13 Tiempo interno*

Como se puede observar en la figura hay dos planos bien delimitados: el superficial o del tiempo externo, representado por el eje ANTES – DESPUÉS y el profundo o el del tiempo interno, representado por el eje AHORA; disposición que está en total acuerdo con lo mostrado en figuras anteriores, con la diferencia que aquí, solo por razones de claridad, el movimiento helicoidal ha sido desplegado y se ha convertido en lineal, por lo tanto, el movimiento del antes al después representa el sentido de giro dextrógiro.

Siguiendo a Llinás (1993) quedan dispuestos sobre el eje AHORA periodos de tiempo de 25 mseg (40 Hz) de duración, de los cuales 12,5 mseg (la mitad) representan el tiempo empleado en el rastreo rostro-caudal de la corteza cerebral, para nosotros ‘estado de consciencia’, y 12,5 mseg (la otra mitad) que representan la *cuña temporal*, para nosotros estado de inconsciencia.

Queda así determinado un comportamiento alternante entre estados de consciencia y de inconsciencia que se hacen evidentes entre un AHORA y otro (Ah_1 y Ah_2, respectivamente). Esta dinámica comporta una especie de interrupción exploratoria del estado de consciencia cuyo fin es el percibir y elaborar lo percibido, tareas que suceden durante la ‘cuña’ y a las cuales se dedica parte del tiempo interno.

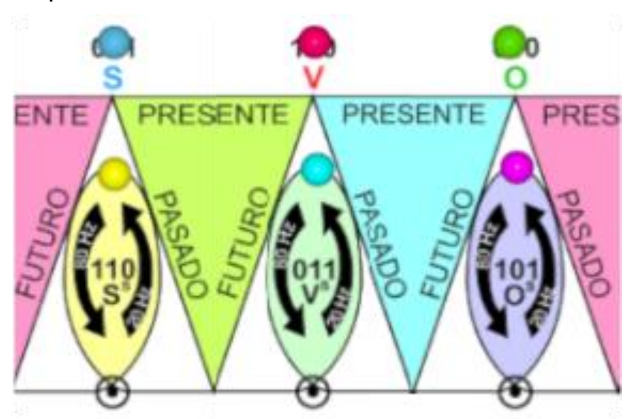


Figura 14 Dinámica del tiempo externo

Todos los aspectos del funcionamiento perceptivo durante la ‘cuña’ quedan claramente graficados en la figura anterior. La identificación de S, V y O se hace ante una ‘obliteración’ absoluta del presente (del tiempo externo), situación que se constata cuando ambos ciclos (superficial y profundo) coinciden, lo que hemos representado en la figura con los colores primarios y secundarios, respectivamente; esto es, cuando en la superficie se constata el color blanco (suma de un primario y un secundario) queda certificada la identificación. En cada proceso identificatorio el tiempo interno cicla en reversa (es levógiro), lentamente (10 Hz)

por la rampa del pasado, llegando después que en la superficie a la línea del presente; retardo que se utiliza para ‘llenar’ en parte, la ‘memoria transitoria’.

Hecho lo anterior, acelera al doble de la frecuencia de superficie (a 80 Hz) para lograr dos objetivos: por un lado anticipar el futuro basándose en el ‘modelo’ almacenado en la corteza asociativa, el presunto equivalente de la contracción del trayecto en la relatividad especial de Einstein, preparando el PAF adecuado que va a llevar a la superficie una respuesta acorde al estímulo percibido y por otro, llegar a tiempo para encontrarse, superficialmente, con el reinicio del estado de consciencia que convalidará la apariencia de simultaneidad (simultaneidad relativa de Einstein) que se da en un AHORA concreto dentro del presente del tiempo externo.

El mecanismo anterior ha sido confirmado con el funcionamiento del sistema tálamocortical, que conforma una red integrada y recíproca en donde están incluidos tanto los núcleos específicos (representantes del nivel superficial), como los inespecíficos o reticulares (representantes del nivel profundo).

Desde 1990, Rodolfo Llinás, insiste en afirmar que la consciencia como la locomoción es algo que tiene que ver más con una actividad intrínseca que con los sentidos. Es más, propone que se trataría de un estado funcional interno símil onírico que es modulado más que generado por los sentidos. (Llinás et al., 1998, p. 1841)

Las afirmaciones anteriores de Llinás se fundamentaron en una serie de estudios que se dedicaron a establecer cuál era la fundamental diferencia entre el estado de vigilia y el de sueño. Es decir, qué sucedía con la función cerebral en estos, tan disímiles, estados de consciencia? Lo anterior se sustenta en una hipótesis muy interesante,

que es la que sugiere que es tan importante detectar la actividad neuronal, como su 'silencio' o su aparente inactividad. Para generar los patrones necesarios que dejen constancia de lo percibido, la función del sistema nervioso necesita que algunas neuronas descarguen mientras otras están en supuesto reposo, ya que el 'silencio neuronal' no implica *per se*, ausencia de participación sino que está indicando, como contraparte, la existencia de este patrón relacional. Llinás (1984) demostró que las células talámicas observan un comportamiento muy particular cuando están en reposo. Es decir, cuando son activadas, responden casi como cualquier otra célula, pero cuando son inactivadas, luego de un periodo de tiempo, las neuronas talámicas muestran una actividad oscilatoria espontánea, pudiendo oscilar a distintas frecuencias.

La corteza cerebral recibe la información sensorial desde los núcleos talámicos específicos, pero además la proveniente de los núcleos talámicos inespecíficos; información que luego vuelve a ellos. La coordinación de estas entradas es fundamental para unificar el acto perceptivo, algo que queda demostrado ante diversas lesiones de ambos sistemas. Así, cuando se lesionan los núcleos específicos, cuya función es llevar la información sensorial a las capas corticales III y IV, provoca un déficit que está relacionado directamente con una entrada específica (visual, auditiva, etc.), en cambio, si se lesionan los núcleos inespecíficos, se deja de tener consciencia de lo transmitido a la corteza por el sistema específico, a pesar de estar intacto, esto es, no se puede percibir la entrada, y por lo tanto, responder a ella. Es como si se dejara de existir cognitivamente hablando, pues la entrada específica intacta es, directamente, ignorada. El sistema inespecífico entonces, permite lograr

la unificación, o sea, permite contextualizar el contenido de las entradas específicas.

Los estudios llevados a cabo por Llinás y por otros investigadores, indicaron que durante las tareas cognitivas se genera una actividad coherente de 40 Hz, y fue Llinás junto a sus colaboradores, quien demostró que esta actividad refleja las propiedades resonantes del sistema tálamo-cortical, la cual fue bautizada como 'la señal que unifica' (Llinás, 2003, p. 144), ya que no solo está implicada en el proceso sensorial primario, sino que funciona como una conjunción temporal que unifica la experiencia perceptiva. Por otro lado, se ha demostrado también, que las oscilaciones a 40 Hz están presentes en varios niveles del SNC, como la retina, el bulbo olfativo, el núcleo reticular del tálamo y la neocorteza.

El relacionar las ondas a 40 Hz con la consciencia, hacen de esta un fenómeno discontinuo que se encuentra determinado por la concurrencia de la actividad tálamocortical. Esta oscilación no solo es un factor de organización espacial (coherencia y resonancia de grandes grupos de neuronas, aún las más distantes), sino de unificación temporal de su actividad rítmica. Según Llinás, este mapeo temporal global genera la actividad cognitiva, la cual se transforma, de esta manera, en una propiedad intrínseca del SNC.

La Figura 15 muestra dos circuitos apareados; en primer lugar, el específico que es donde llegan las vías aferentes sensoriales (visual, auditiva, etc.) al tálamo dorsal (evolutivamente más reciente), cuyas neuronas oscilan a 40 Hz estableciendo así una resonancia cortical al activar, por un lado, directamente a las células piramidales, y por otro, provocando una inhibición anterógrada a través de la activación de una interneurona inhibitoria a 40 Hz en la capa IV de la corteza. Las oscilaciones mencionadas

vuelven al tálamo mediante los axones colaterales de las células piramidales de la capa VI de la corteza, provocando una inhibición retrógrada al alcanzar el núcleo reticular.

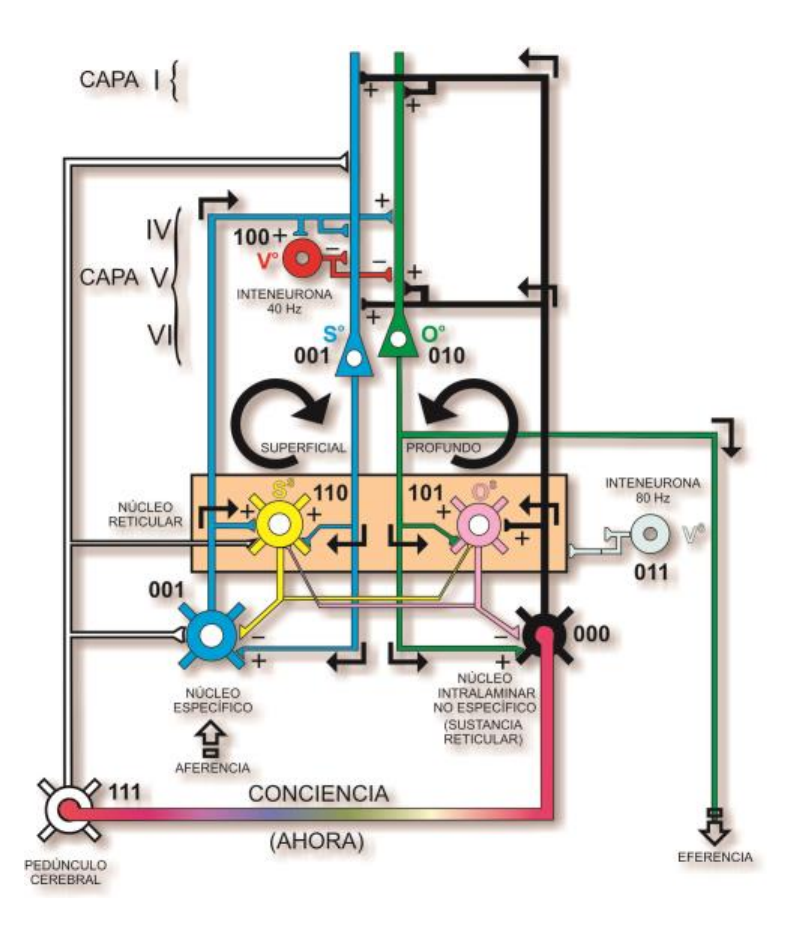


Fig. 15 *Sistema tálamocortical*
(basado y modificado de Llinás et al., 1994)
Referencias: I, IV, V, VI = capas de la corteza cerebral – (+) = activación – (-) = inhibición

En segundo lugar está el circuito no específico (el filogenéticamente más antiguo) que conecta los núcleos talámicos intralaminares no específicos con las capas I y V de la corteza cerebral, y con el núcleo reticular. Desde la capa V de la corteza regresan las oscilaciones hasta el núcleo reticular y los núcleos intralaminares. Aquí las oscilaciones se presentan como una activación recursiva en forma de 'ráfagas' de 40 Hz, que según demostró Llinás (1993) son las responsables de la activación cortical rostro-caudal que se encontró en registros magnetoencefalográficos durante el sueño MOR. Este rastreo cortical que tarda 12,5 milisegundos, se lo equipara a lo que Kristofferson (1984) denominó 'quantum cognitivo' y representaría el tiempo mínimo de consciencia necesario para atender al mundo externo.

Otro mecanismo que muestra la Figura 15 es el que se refiere a la estimulación simultánea de las células piramidales de la corteza por parte de los núcleos talámicos específicos e inespecíficos, lo que se conoce como 'unificación temporal' o lo que integra el contenido al contexto, según la interpretación de Llinás, provocando la conjunción de la experiencia perceptiva.

Llinás y colaboradores (1994) elaboraron un modelo de un circuito teórico con el cual se pudo predecir tres aspectos importantes: 1) la neurona reticular (que en nuestra propuesta representa parte del nivel profundo que maneja el tiempo interno) es esencial para la organización de la resonancia tálamocortical., 2) la célula piramidal se comporta como un detector de coincidencia por simultaneidad de la actividad de los sistemas aferentes específicos e inespecíficos, y 3) la vía aferente cortical es fundamental para mantener la actividad oscilatoria

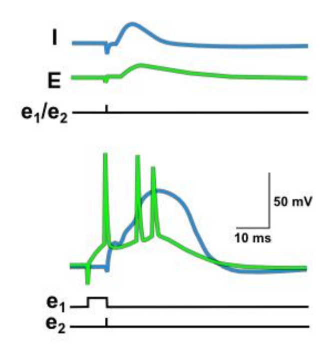


Fig. 16 *Disparos acoplados*

La hipótesis anterior se transformó en una realidad concreta, gracias al trabajo realizado por Larkum y colaboradores (1999), (Figura 16) con el que se demostró que las entradas casi síncronas (separadas por escasos 5 mseg) a las dendritas proximal (e1) y distal (e2) de una misma neurona piramidal, causa una ráfaga de potenciales de acción axonal, mientras que la entrada de la misma intensidad en cualesquiera de las regiones, por sí sola o separadas por más de 5 mseg no causa una ráfaga. Lo anterior también fue confirmado por Wackermann (2007), quien define los umbrales de la simultaneidad (~3 mseg) y el orden temporal (~30 mseg) que imponen unos horizontes internos de los cuales dependen los momentos perceptuales o cognitivos. También deja claro que, más allá de estos umbrales (muy cercanos a los 5 y 25 mseg, respectivamente, establecidos anteriormente) el tiempo solo es una mera reconstrucción cognitiva, y de ninguna manera es experimentado o 'percibido'. Esto confirma que, mientras estamos vigiles, en un eterno 'presente sensible' (ahora),

que ese es nuestro único contacto con el mundo circundante del tiempo cronológico.

7. Conclusión

Hemos mostrado cómo se elabora la cuestión del tiempo en nuestro cerebro. Este funcionamiento es acorde con el modelo aquí presentado. El estado de consciencia intermitente demostrado por Llinás dio fundamento al concepto de ‘cuña temporal’ como representante de un tiempo interno que justifica las más importantes funciones cerebrales demostradas a través de las más recientes investigaciones. Los hallazgos comunicados permiten, desde el punto de vista científico, elaborar un ‘aparato psíquico’ y poner en evidencia sus aspectos estructurales y funcionales.

REFERENCIAS

Barth, F. G. et al. (2012). *Sensory Perception – Mind and Matter* – Germany, Springer.

Einstein, A. (1905). *On the Electrodynamics of Moving Bodies* **-** En: The Principle of Relativity. A collection of original memoirs on the special and general theory of relativity – por: Lorentz, Einstein, Minkowski y Weyl (pp. 35- 65) Traducido por W. Perrett y G. B. Jeffery de Zur elektrodinamyk bewegter Körper. Annalem der Physik; 17, pp. 891-921. NY: Dover Publications, 1952.

Eisler, A. D. (2003). *The human sense of time: biological, cognitive and cultural considerations.* En The Nature of Time: Geometry, Physics and Perception, 5-18. R. Buccheri et al. (eds.).

Larkum, M. E.; Zhu, J. J.; Sakmann, B. (1999). *A new Cellular mechanism for coupling inputs arriving at different cortical layers* - Nature, 398, pp. 338-341.

Llinás, R. (1988). *The Intrinsic Electrophysiological Properties of Mammalian Neurons: Insights into Central Nervous System Function. Science*, Vol. 242, pp. 1654-1664.

Llinás, R.; Ribary, U. (1993). *Coherent 40-Hz oscillation characterizes dream state in humans* - Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 90, pp. 2078-2081.

Llinás, R. *et al*. (1994). *Content and Context in Temporal Thalamocortical Binding*. En Buzsáki, G. et al. (Eds.), *Temporal Coding in the Brain*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, pp. 251-272.

Llinás, R. (1998). *The neural basis for consciousness*. Phil. Trans. R. Soc. Lond; B 353: 1841-1849.

Llinás, R. (2003). *El cerebro y el mito del yo* – Bogotá, Editorial Norma.

Passingham, R. E.; Wise, S. P. (2012). *The Neurobiology of the Prefrontal Cortex.* Anatomy, Evolution, and the Origin of Insight. Oxford, Oxford University Press.

Salatino, D. R. (2009). *Semiótica de los sistemas reales.* Tesis Doctoral en Letras especialidad Psicolingüística por la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Salatino, D. R. (2012). *Aspectos psico-bio-socio-culturales del lenguaje natural humano. Introducción a la teoría psíquica del lenguaje.* Mendoza, Argentina: Desktop Publishing, Amazon, ISBN: 978-987-33-2379-9.
Salatino, D. R. (2013). *Psiquis – Estructura y Función*. Mendoza, Argentina: Edición del autor. ISBN: 978-987-33-3808-3.
Salatino, D. R. (2016a). *Procesos Cognitivos – Fundamentos neurofisiológicos. Una teoría del funcionamiento psíquico.* Autoedición, Mendoza, Argentina - ISBN: 978-987-42-2038-7.
Salatino, D. R. (2016b). *La importancia de la simetría*. IV Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería. (ECEFI 2016)
Salatino, D. R. (2017). *Tratado de Lógica Transcursiva. Origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva.* Primera Autoedición. Mendoza, Argentina. ISBN: 978-987-42-5099-5.
Wackermann, J. (2007). *Inner and Outer Horizons of Time Experience*. The Spanish Journal of Psychology, Vol. 10 (1), pp. 20-32.

* * *

6. Revolución copernicana: historia de rupturas y continuidades

Luciano Paolo Russo[26]

Resumen: El propósito de este trabajo es desarrollar algunos patrones autónomos universales (PAUs) dentro del marco de la lógica transcursiva que muestren esquemáticamente el cambio teórico revolucionario acaecido entre las teorías astronómicas ptolemaica y copernicana. Se muestra que la revolución científica comporta no sólo rupturas simétricas con la tradición, sino continuidades con ciertas diferencias intrínsecas. La estructura de los PAUs permite observar este movimiento dialéctico de cambio teórico como unidad y simetría del conocimiento científico.

Palabras claves: revolución copernicana, lógica transcursiva, esquemas conceptuales, cambio teórico.

1. Introducción

La lógica transcursiva constituye un método para analizar la subjetividad como resultado de la relación dinámica entre sujeto y objeto como polos del conocimiento[27]. Es de especial interés el aporte de este método a la reconstrucción y análisis de teorías del conocimiento científico, que consiste en brindar una herramienta para visualizar las relaciones profundas y superficiales entre el sujeto cognoscente y la realidad. La dialéctica que pone en marcha este método proporciona sistemas cíclicos para explicar el comportamiento del sujeto que se propone hacer ciencia, o producir algún conocimiento que será tanto objetivo por sus características metódicas y sistemáticas (al modo tradicional de comprender la

---

[26] INCIHUSA-CONICET; UNQuilmes-CEFHIC; UNCuyo

[27] La exposición detallada del método y algunas de sus aplicaciones se encuentran en Salatino (2017)

ciencia) como subjetivo por su impacto reflexivo en el sujeto que lo produce.

El enfoque transcursivo tiene como principios rectores la unificación del conocimiento acerca de fenómenos y sistemas empíricos mediante la construcción de un patrón único relacional, y la simetría subyacente a la naturaleza de la realidad que estudia. La búsqueda de patrones simétricos que permitan relacionar los fenómenos de la naturaleza es compartida por casi todas las disciplinas científicas desarrolladas. Aquí haremos foco en la astronomía matemática, especialmente en el momento de la revolución copernicana. Mostraremos el patrón que puede construirse para comprender el movimiento epistemológico al interior de esta revolución científica en términos de una lógica transcursiva.

La lógica transcursiva propone ver el conocimiento científico como consistente de estructuras teóricas que se relacionan funcionalmente entre sí para dar lugar a una lógica o álgebra del conocimiento autónoma, simétrica, complementaria y evolutiva. Por un lado, se construye un PAU (patrón autónomo universal) que de cuenta de una estructura que por sí misma pueda explicar de manera acabada de qué trata la teoría en particular y cómo se relacionan sus partes esenciales. Por otro lado, habrá que construir un PAU paralelamente con los aspectos funcionales que permitan observar el comportamiento del sujeto respecto del objeto de conocimiento. Por último, construir un PAU que de cuenta del aspecto metafórico del conocimiento para relacionar la estructura teórica con sus funciones prácticas y pragmáticas, vinculadas con la producción de conocimiento y el contexto de descubrimiento.

El patrón así descubierto permite ir del polo objetivo de lo observable al polo subjetivo de lo universal por analogía,

en un nivel profundo. En un nivel superficial, el patrón busca relacionar el caso singular metafóricamente con la regla universal, contrastando empíricamente el caso singular mediante lo observable con la regla. La analogía relaciona el nivel superficial con el profundo permitiendo desarrollar hipótesis explicativas. La metáfora cicla en sentido inverso, desde lo profundo a lo superficial, de lo abstracto a lo concreto, aquí surge la investigación científica de contrastación y observación guiada por reglas empíricas y leyes teóricas.

El objetivo es construir con este método un grupo simétrico y genérico que consta de dos elementos estáticos contrapuestos y complementarios, y dos elementos dinámicos opuestos y concurrentes que reordenarán el grupo. Hay una co-presencia de elementos opuestos que están unidos por sus diferencias (organización) en cierta apariencia; además, subyace una co-ausencia de los atributos opuestos que implica una desorganización y la condición de posibilidad para la evolución del grupo. La dialéctica funciona negando el nivel superficial mediante el nivel profundo y reordenando así el nivel superficial para que cicle la estructura.

2. La historia de la astronomía como evolución teórica de un patrón autónomo universal

La astronomía matemática utiliza los métodos de la aritmética y la geometría para construir modelos cinemáticos que expliquen el comportamiento regular y eterno de los cuerpos celestes. Hacemos foco en el momento de cambio teórico representado por el encuentro (más que una lucha como algunos lo ven) entre las teorías planetarias ptolemaica y copernicana: la

primera como fue expuesta en Almagesto[28] (tomando en cuenta algunas modificaciones –sobre todo desde el punto de vista matemático[29]- que sufrió la teoría respecto de las mediciones planetarias en las Hipótesis Planetarias) y la segunda cómo se desarrolla siguiendo fielmente a la primera –aunque con importantes modificaciones- en Revoluciones[30].

Adoptaremos la teoría ptolemaica (TP) como un elemento teórico opuesto y complementario a la teoría copernicana (TC). Los elementos co-presentes son los correspondientes a la geometría y los métodos

---

[28] La edición del Almagesto que utilizamos es la célebre y más usada de Toomer, con comentarios y notas críticas. Para los aspectos matemáticos analizados de un modo moderno y completo usamos la obra de Pedersen (2010) y Neugebauer (1975); en este último también encontramos conceptos fundamentales de la astronomía copernicana y medieval. Otros textos como el de James Evans (1998) son clásicos en los estudios ptolemaicos, pero no hemos focalizado en los aspectos históricos tanto como en los matemáticos y cosmológicos.

[29] Las Hipótesis Planetarias contienen más pruebas y argumentos físicos novedosos respecto del Almagesto que pruebas matemáticas. Aunque algunas cuestiones, como la teoría de las latitudes, están mejor precisadas en Hipótesis, en general no se encuentra una novedad radical desde el punto de vista matemático respecto de Almagesto. La edición usada de Hipótesis es la traducida al español por Eulalia Pérez Sedeño, que sigue fielmente la inglesa de Goldstein (1967) que es la primera traducción del texto árabe recuperado después de un largo período en que estuvo perdido la última parte del primer libro de la obra, que trata sobre las mediciones de las distancias planetarias.

[30] La edición que usamos del tratado magno de Copérnico es la de Jerzy Dobrzycki traducida por Edward Rosen, uno de los más altos estudiosos de Copérnico y su obra. También usamos la obra de Swerdlow y Neugebauer (1984) que es la más completa sobre la astronomía matemática de Copérnico; y la obra de Swerdlow (1973) que trata la derivación del primer modelo planetario copernicano, como está expuesta en el *Commentariolus* de Copérnico. Esta última muestra en detalle el paso de los modelos ptolemaicos medievales a los modelos copernicanos.

astronómico-matemáticos para explicar los fenómenos celestes: reducimos estos elementos en el principio del movimiento circular uniforme. Mientras que los elementos co-ausentes son las diversas organizaciones cosmológicas de ambas teorías: geocentrismo y heliocentrismo, como modos de organizar y reorganizar conjuntamente las teorías astronómicas correspondientes.

De manera que la transformación aparente de las teorías ptolemaica y copernicana opera en el principio de movimiento circular uniforme que subyace a la construcción de los modelos geométricos para explicar el comportamiento de los astros. Por un lado, TP construye modelos de deferentes y epiciclos, que son sistemas geométricos compuestos de círculos dispuestos entre sí según ciertas reglas de construcción y cinemática. La Tierra está en el centro de todas las órbitas planetarias (sistemas de deferentes y epiciclos, SED) y el Sol y la Luna son planetas. Por otro lado, TC construye modelos de deferentes y epiciclos del mismo modo pero con un ordenamiento diferente (opuesto, en términos teóricos) que responde al Sol como centro del sistema planetario, la Tierra como un planeta más y la Luna como un subsistema planetario.

Aparentemente, ambas teorías se comportan como explicaciones coherentes con el principio de uniformidad y circularidad de los movimientos. Profundamente, las cosmologías de cada teoría funcionan como re-organizaciones de los modelos geométricos, sus parámetros numéricos y la disposición de las esferas celestes entre sí. La revolución copernicana consiste en esta re-organización profunda del principio del movimiento circular uniforme (MCU) en términos de una misma geometría pero diferentes cosmologías.

Cada una de las organizaciones teóricas resultantes de una u otra cosmología (ordenamiento profundo) es una contextura teórica diferente y autónoma, pero ligada a la otra mediante un principio rector (MCU) Ambas teorías son epistémicamente equivalentes para explicar los movimientos planetarios aisladamente mediante los modelos geométricos. Pero la evolución teórica, en sentido de un progreso científico resultado de un movimiento dialéctico (no lineal), se muestra en la mayor capacidad de una teoría respecto de la otra para mostrar la coherencia y unidad del cosmos en su totalidad. La TC logra este objetivo mediante el establecimiento de la unidad astronómica universal, la distancia Tierra-Sol, como medida unificadora de todo el sistema astronómico y cosmológico.

Las teorías ptolemaica y copernicana parecen opuestas si se considera la manera diversa de ordenar el cosmos (cosmología) pero atendiendo a los métodos matemáticos para dar cuenta de los fenómenos celestes (astronomía) las teorías son complementarias. TC provee algunos parámetros numéricos más precisos para el cálculo de las distancias planetarias, al tiempo que sigue fielmente los métodos de cálculo trigonométrico y algunos otros parámetros ya establecidos por TP.

Ambas teorías se organizan, e.e. construyen sus contexturas teóricas, en torno del principio del movimiento circular uniforme (MCU) y cada una constituye un nicho ontológico diverso, pero con los mismos elementos observacionales y empíricos. Los planetas y estrellas son los elementos observacionales y los instrumentos de observación junto con las reglas empíricas de su aplicación son las herramientas de investigación. El nicho ontológico de TP está compuesto por los mismos elementos que el nicho ontológico de TC pero dispuestos

de maneras diversas según el orden cósmico que domina cada teoría.

La revolución copernicana representa el momento en el cual el orden cosmológico dominante en la tradición astronómica ptolemaica encuentra su reorganización profunda. Esto ocurre a nivel teórico y no todavía empírico, puesto que las pruebas físicas y observacionales más decisivas llegarían mediante las observaciones de Tycho y Galileo, y las teorizaciones de Kepler y Newton. Aunque ya Copérnico había hecho algunas observaciones cruciales para probar su teoría, sobre todo en la teoría lunar. Sin embargo, sus hipótesis estaban más guiadas por su intuición filosófica que por su destreza científica, limitada instrumentalmente y por seguir demasiado fielmente la tradición ptolemaica.

El experimento mental copernicano más célebre es el relativo al movimiento retrógrado de los planetas. Este difícil problema astronómico intentó ser explicado por Ptolomeo con una Tierra estática y los planetas girando en torno a ella en sistemas de deferentes y epiciclos, con órbitas excéntricas y círculos ecuantes. Ptolomeo pensaba que el movimiento retrógrado de los planetas era real y no sólo aparente. Lo cual tuvo un éxito relativamente alto considerando que fue la explicación dominante por siglos en occidente. Sin embargo, Copérnico intenta una nueva explicación de este fenómeno.

Si la Tierra se mueve, y los planetas también alrededor del Sol, entonces los movimientos retrógrados eran aparentes y se debían a la diferencia de velocidad entre la Tierra y los planetas. En términos geométricos se explica porque la Tierra, al estar ubicada entre los planetas inferiores (Venus y Mercurio) y los superiores (Marte, Júpiter y Saturno), posee una órbita mayor que los

primeros y menor que los segundos. Mientras más grande la órbita planetaria más lento el movimiento angular del planeta: cuando la Tierra adelanta en su órbita el movimiento de Marte, éste parece estático por un tiempo y luego retrogradar, hasta que se detiene y retoma su movimiento directo al alcanzar a la Tierra nuevamente.

3. Continuidades y rupturas como complementariedades y oposiciones

La hipótesis de que el cambio revolucionario no implica una ruptura radical con la tradición, sino el desarrollo de la ciencia a partir y a través de la tradición, es central para comprender lo que aquí se expone. La revolución propiamente dicha se muestra al abordar el concepto de movimiento terrestre: la traslación de la Tierra alrededor del Sol. Esta revolución es la que señala la relevancia fundamental de la determinación de la distancia Tierra-Sol en la teoría heliocéntrica. Esto se opone con la determinación de la distancia relativa a cada sistema planetario en Ptolomeo, y con la posición fija de la Tierra en su sistema.

Las continuidades geométricas y matemáticas también muestran la complementariedad de ambas teorías. No sólo los métodos de medición de las distancias planetarias eran los mismos: paralaje lunar y solar (o diurna), proporcionalidad de las distancias gracias al principio de circularidad y uniformidad (no sólo del movimiento sino también de las formas) Decir que la TC representa un progreso respecto de la TP, es lo mismo que afirmar que ambas son complementarias, a pesar de su aparente oposición.

4. El método de la paralaje: gozne de la astronomía revolucionaria de Copérnico

Un claro ejemplo de esto se encuentra observando de cerca el método de la paralaje para la determinación de las distancias planetarias. La paralaje como método de determinación de distancias y su consecuencia métrica. Haciendo foco en la determinación de las distancias de los cuerpos celestes mediante el método de la paralaje (instrumento paraláctico) podemos advertir una diferencia fundamental entre las teorías ptolemaica y copernicana. En cuanto a Ptolomeo, utiliza la paralaje sólo para el caso de la Luna e indirectamente para el Sol; mientras que para los planetas y estrellas fijas no observa paralaje alguna. Esto es así tanto en el caso del Almagesto como en las Hipótesis (Hip. Pla.: 80-81) En lugar de ofrecer distancias absolutas para los planetas, Ptolomeo brinda proporciones entre las esferas planetarias para determinar el orden de las mismas. Por esta razón es que la distancia planetaria no podría tomarse como un concepto métrico absoluto en la astronomía ptolemaica inicial (aunque tal vez en los modelos árabes posteriores fuera otro el caso) sino como un concepto métrico relativo a la distancia de la Luna a la Tierra (en radios terrestres) y la distancia al Sol (que eran las únicas que podría medir Ptolomeo con exactitud gracias a la paralaje observada durante los eclipses)[31]

Por otro lado, la teoría ptolemaica arroja como resultado del cálculo de la distancia lunar en las cuadraturas un número muy bajo (33 radios terrestres aproximadamente) mientras que la teoría copernicana, tomando el modelo de doble epiciclo desarrollado por los árabes arroja un

[31] Otra muestra de que los conceptos métricos planetarios ptolemaicos son comparativos está en Hip Pla 82 y ss.

resultado cercano al obtenido en las *sizigias*[32]. Aunque los problemas con la teoría de las latitudes, tanto en Copérnico como en los árabes persistía por este mismo cambio de modelo, mientras que en Ptolomeo las latitudes eran calculadas correctamente. Copérnico muestra que la paralaje observada de la Luna es correcta mediante una observación de una ocultación de Aldebarán en Boloña en 1497 (Revoluciones IV, p. 27) (Neugebauer, 1984, pp. 173-175) utilizando el método de la paralaje.

Además, la teoría heliocéntrica copernicana establece la condición de posibilidad para poder calcular la paralaje de los planetas, gracias al establecimiento de la distancia Tierra-Sol como patrón de medida universal para el sistema solar. La paralaje planetaria puede ser calculada gracias a que la Tierra se mueve alrededor del Sol, y el observador se mueve junto con la Tierra. Por ende los planetas pueden ubicarse mediante paralaje o triangulación gracias a que la distancia Tierra-Sol siempre será la mitad de la base del triángulo de medición correspondiente. Conociendo este lado del triángulo y el ángulo de paralaje, que es el que subtiende las líneas que unen a la Tierra y al planeta y a éste con el Sol (o con la Tierra en la posición opuesta, dividiendo el ángulo en dos) se puede calcular la distancia del lado que representa la distancia Sol-planeta. Así, siempre habrá una distancia desde cualquier planeta al Sol medida desde la Tierra, en dos momentos de observación específicos y opuestos.

El método combina la paralaje diurna de la Tierra respecto del Sol con la anual del planeta. Observacionalmente esto fue posible recién con telescopios en 1671 gracias a dos observaciones simultáneas de Jean Richer en Cayena

[32] Es una situación en la que tres o más objetos celestes están alineados.

(Guayana Francesa) y de Giovanni Cassini en París. Los dos lugares de observación y el lugar en el que se encuentra el objeto distante forman un triángulo. Las líneas visuales que van del observador a las posiciones aparentes del objeto celeste con respecto al fondo de estrellas forman un ángulo. La distancia de la base del triángulo isósceles que se forma es conocida, pues si las observaciones se realizan con una separación de (por ejemplo) 6 meses, la Tierra se habrá trasladado la mitad de su órbita alrededor del Sol y la distancia entre los puntos de medición será igual al diámetro de la órbita completa. Ahora bien, si las observaciones se realizan con un intervalo de tiempo de 12 horas (paralaje diurna), la distancia recorrida por el observador debido a la rotación de la Tierra será igual al diámetro del planeta (doble del radio terrestre conocido), y esa cantidad será entonces la medida de la base del triángulo.

El ángulo de las líneas de visión se divide entre dos para obtener un triángulo rectángulo, es decir, un triángulo que tiene como uno de sus ángulos uno recto o de noventa grados cuyo cateto opuesto es conocido, pues es la mitad de la distancia original (la distancia Tierra-Sol) El ángulo del nuevo triángulo rectángulo es la mitad del que se había medido originalmente y se le conoce como el ángulo de paralaje. Finalmente, se conocen el ángulo y uno de los catetos, así se puede calcular el otro cateto, que es la distancia al planeta.

Neugebauer en *On the Planetary Theory of Copernicus* desafía a tal punto el concepto de revolución copernicana como lo plantea Kuhn, desde un punto de vista matemático, que afirma que si Copérnico no hubiera adherido tanto a los parámetros y métodos ptolemaicos, podría haber notado la gran ventaja que posee el modelo heliocéntrico sobre el geocéntrico en la teoría de las latitudes (Neugebauer, 1968, pp. 102-103)

Recapitulando, la distancia heliocéntrica de cada planeta indica que el sistema solar puede medirse de manera absoluta, e.e. con una medida universal y no sólo relativa a cada planeta. Este es el aporte más importante de Copérnico, desde el punto de vista astronómico, a la disciplina científica posterior.

"As far as we know, Copernicus was the first clearly to understand that these radii are only different because the radii *R* of the deferents are all taken as unit. If one, however, uses the radius *a* of the Earth's (or Sun's) orbit as unit, then $a = R/r$ for an outer planet, and $a = r/R$ for an inner planet, provides us with the heliocentric distance of each planet." (Neugebauer, 1968, p. 92)

Ambos sistemas pueden compararse gracias a esta base de medida. Lo que significa que donde muchos pusieron el foco para hacer diferencias radicales entre los sistemas ptolemaico y copernicano, algunos vieron la posibilidad de comparar los sistemas y hacerlos compatibles. Además, si llevamos esta idea un poco más lejos –sin temor a equivocarnos- podemos decir que teorías inconmensurables de hecho son comparables. Y aún que el progreso científico no impide cambios teóricos inconmensurables. Este asunto es tangencial a nuestro presente trabajo y no lo ahondaremos aquí.[33]

Que el orden de los planetas esté referido a la duración de sus revoluciones alrededor del Sol (primer principio o principio guía copernicano) es una clara muestra de que Copérnico pretendía dar cuenta de todo su sistema geométrico de las estrellas mediante la determinación precisa de la distancia Tierra-Sol. Es claro que dicha distancia, que es el radio de la esfera terrestre, e.e. su órbita alrededor del Sol, representa la unidad básica de

---

[33] Para un excelente análisis de este punto cf. Marcum (2015, pp. 115-116) y los textos que acompañan la edición de dicha obra.

medida astronómica copernicana. Para Ptolomeo, en cambio, el orden de las esferas está determinado por contigüidad entre sí, o anidamiento. Este orden no encuentra un fundamento geométrico ni cosmológico claro, ni en Almagesto ni en Hipótesis.

5. El ecuante: transformación de un concepto astronómico ptolemaico fundamental

Otro tema de especial interés es el atinente al ecuante ptolemaico, que pervivió en la astronomía copernicana en nuevas formalizaciones geométricas y permitió desarrollar las órbitas elípticas a partir de óvalos, que resultan precisamente de quitar el punto ecuante y agregar epiciclos y excéntricas, deformando así el deferente (mediante la excentricidad) pero conservando el principio del movimiento circular uniforme. La introducción de un círculo ecuante no contradice el principio más importante de la astronomía matemática: principio del movimiento circular uniforme (MCU). Justamente se llama ecuante porque fue introducido para igualar las anomalías generadas por la excentricidad del deferente. Veamos el siguiente ejemplo de un planeta interior (algo similar ocurre con Venus)

Dice Neugebauer (1968, p. 99) que el deferente rotativo (alrededor del ecuante) de Ptolomeo para el modelo de Mercurio debió ser reemplazado por una variación en el radio de la órbita planetaria, lo que en términos de Copérnico significa que el planeta debía realizar un movimiento en libración (que es un movimiento rectilíneo dentro de un movimiento circular uniforme) a lo largo del radio de su órbita entre límites fijos determinados por cierta variación del radio del epiciclo (amplitud de la libración). Copérnico toleraba los movimientos rectilíneos en combinación con movimientos circulares, según el

principio de la física aristotélica que divide los movimientos en violentos o lineales y naturales o circulares. Los primeros tienen una causa y su movimiento termina cuando vuelven a su estado natural; los segundos tienen una causa eterna y su movimiento no cesa nunca.

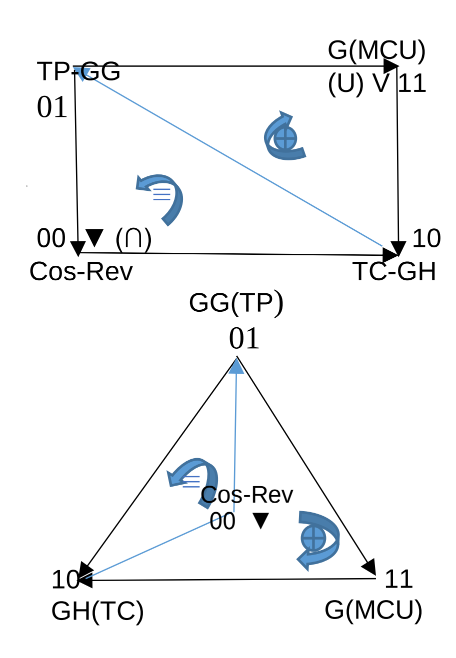
Neugebauer (1968) sostiene que la teoría solar de Copérnico representa un obstáculo tanto para los cómputos reales como para los conceptos cinemáticos subyacentes. La elegancia de los modelos biepicíclicos para la Luna que reemplazan el ecuante no contribuye a elucidar mejor los fenómenos planetarios. Neugebauer termina el artículo mencionado afirmando que si no hubiera sido por Tycho y Kepler, la teoría copernicana hubiera servido únicamente para perpetuar la teoría ptolemaica en una forma levemente más complicada pero más placentera para las mentes filosóficas.

6. Conclusión

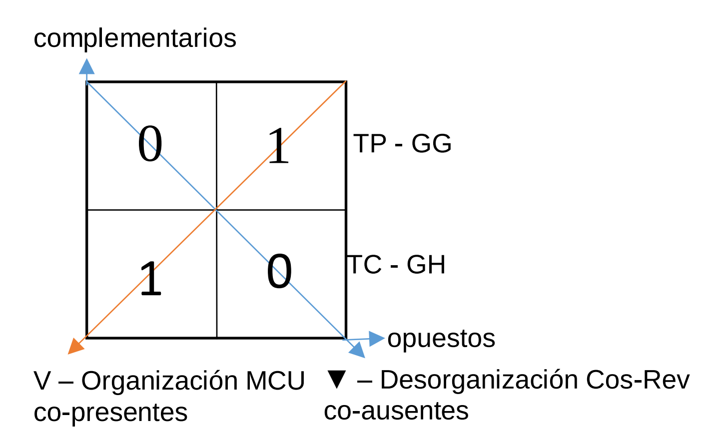
La teoría copernicana, en su nivel geométrico, es considerada por el propio Copérnico como una continuación, una mejor aproximación a (una mejor explicación de) los fenómenos astronómicos que la teoría ptolemaica. Pero en esta continuidad y mejor aproximación, hay cierta ruptura y discontinuidad en cuanto al modo de ordenar las esferas entre sí, y al resultado numérico de la proporción (no la proporcionalidad, ya que ésta última está dada por la razón áurea que es la misma en ambas teorías –de esto se trata el isomorfismo de los modelos) que existe entre las esferas celestes. Consecuentemente, parece haber una relación entre la elección de las unidades de medida, aún utilizando el mismo método de determinación (la división de un segmento en su razón media y extrema), y la cosmología de cada astrónomo.

Copérnico determina la unidad de medida astronómica estándar, la distancia Tierra-Sol, con la cual realizó los cálculos de su teoría para determinar el orden universal (*Revolutions* I, 10; Swerdlow, 1973, p. 440) La distancia Tierra-Sol equivale al radio de la órbita terrestre, o la distancia al sol medio (Neugebauer,1975, p. 322) El autor de *Revolutions* modificó esencialmente el fundamento de toda la geometría aplicada a la astronomía y justificó o normalizó sus hipótesis heliocéntricas, geoquinéticas y sobre la inmensidad del universo (octava esfera de las estrellas fijas que contenía a todo el cosmos) respecto de las demás esferas, especialmente respecto del sistema Tierra-Sol. Este es el fundamento de su revolución astronómica y la base de quienes lo sucedieron.

Adenda



TP-GG
01
G(MCU)
(U) V 11
00 ▼ (∩)
Cos-Rev
10
TC-GH
GG(TP)
01
Cos-Rev
00 ▼
10
GH(TC)
11
G(MCU)



complementarios
0
1
1
0
TP - GG
TC - GH
opuestos
V – Organización MCU
co-presentes
▼ – Desorganización Cos-Rev
co-ausentes

Al ciclar de TP a TC mediante MCU se observa la continuidad entre los modelos matemáticos que da cuenta de la unidad de la teoría astronómica de Ptolomeo a Copérnico. Al contraciclar mediante una relación profunda de cambio revolucionario cosmológico se produce la simetría teórica. El MCU se conserva y la cosmología geocéntrica se troca en cosmología heliocéntrica, conservando una base empírica y observacional, al igual que un conjunto de conceptos básicos principales (aunque definidos diversamente en cada teoría), a la cual se aplican ambas teorías.

Los opuestos se unen en sus diferencias gracias a que ambas teorías respetan el principio rector MCU (co-presentes), y comparten un ámbito empírico de aplicación común. Los opuestos se dividen en sus igualdades porque cambia la cosmología asociada a la astronomía matemática o geometría de cada teoría (co-ausentes) Es decir, la cosmología presente en TP está ausente en TC y viceversa, por eso hay una ausencia de una en la otra (co-ausencia); y la geometría presente en TP sigue presente (con algunas transformaciones pero con isomorfismo) en TC (co-presencia).

Símbolos y significados:

GG: geometría geocéntrica; GH: geometría heliocéntrica; G(MCU): Geometría resumida en el principio de movimiento circular uniforme; TP: teoría ptolemaica; TC: teoría copernicana; Cos-Rev: cosmología revolucionaria o cambio cosmológico revolucionario.

Referencias:

Copernicus, Nicholas. [1543] (1978) *On the Revolutions of the Heavenly Spheres*. Trad. Edward Rosen, Ed. Jerzy Dobrzycki, Polonia, Polish Scientific Publishers.

Koyré, A. [1961] (1973) *The Astronomical Revolution*. París-Londres, Cornell University Press.

Kuhn, T. S. (1957) *La revolución copernicana. La astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento occidental.* Cambridge, Harvard University Press.

Kuhn, T. S. (1962) *La estructura de las revoluciones científicas*. Chicago, University of Chicago Press.

Marcum, J. A. (2015) *"The Evolving Notion and Role of Kuhn's Incommensurability Thesis"* en: Devlin, W. J., Bakulich, A. (eds.) *Kuhn's Structure of Scientific Revolutions-50 Years On*, Boston Studies in the Philosophy and History of Science (311: 115-116)

Neugebauer, O. (1968) *On the Planetary Theory of Copernicus*. Princeton, Princeton University Press.

Neugebauer, O. (1975) *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. New York-Heidelberg-Berlin, Springer.

Pedersen, O. (2010) *A Survey on the Almagest*. Ed. Alexander Jones, New York, Springer.

Ptolomeo, Claudio (1987) *Las hipótesis de los planetas*. Trad. Eulalia Pérez Sedeño, Madrid, Alianza.

Salatino, Dante R. (2017) *Tratado de lógica transcursiva: origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva.* Godoy Cruz, libro digital, ISBN 978-987-42-5099-5.

Swerdlow, N. (1973) "*Derivation and First draft of Copernicus' Planetary Theory: A Translation of the Commentariolus with Commentary*." En: *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 117, N. 6: 423-512.

Swerdlow, N., Neugebauer, O. (1984) *Mathematical Astronomy in Copernicus' De Revolutionibus*. Springer, Berlin.

Toomer, G. J. (1984) *Ptolemy's Almagest*. London, Duckworth.

***

INVESTIGACIÓN LÓGICA TRANSCURSIVA

SECCIÓN 2

7. Mapas de Conceptos basado en Simetrías del Espacio Euclidiano. Inmisión Electromagnética

Ricardo Césari[34]; Matilde Césari[1]

Resumen: El principio de simetría de los datos es simplemente una afirmación de que cada una de las variables en un diseño factorial puede ser seleccionada como objeto de estudio y que las operaciones definidas para esa variable pueden ser transformadas en el estudio de otra variable latente, revelando conocimiento subyacente, expresado en el Diagrama de la Dualidad. Nuestro enfoque resulta en la construcción relativamente rápida de un mapa de niveles de campo electromagnético con valores no georreferenciados, que caracteriza y delinea las zonas de mayor y menor inmisión en un plano factorial euclidiano. La ventaja principal del método es que los niveles de inmisión son estimados en zonas de variación continua coloreadas o en tonos de grises, sobre las componentes principales donde están representados los sitios localizados de las mediciones realizadas. En este artículo proponemos un nuevo enfoque para la cartografía de la exposición electromagnética, que se asemeja a métodos que son una práctica común en el cartografiado de datos.

Palabras claves: espacio euclidiano, gráficos de contornos, regresión PLS, interpolación factorial

1. Introducción

1.1. Diagrama de Dualidad del Espacio Euclidiano

La teoría del 'diagrama de dualidad' fue desarrollada por Pajes y Cazes en una serie de conferencias en 1969-1970. Su primera buena descripción se encuentra en la tesis de Cazes (Cazes, 1970). Después de las mejoras, se ha publicado una síntesis completa en un libro francés

[34] CeReCon, F. R. Mendoza, UTN

titulado «*Introducción a l'analyse des donnés*» (Cailliez & Pagès, 1976). Hasta donde sabemos, dos artículos (Escoufier, 1987), han realizado una descripción completa de la teoría. Supóngase que se define un 'Concepto' a estudiar, de cualquier disciplina y se tiene un conjunto de **n** muestras (llamados individuos estadísticos), sobre cada uno de los cuales se miden ***p*** variables cuantitativas. La matriz **X** que resume todas las mediciones, es la tabla de descripción de los datos (individuos × variables), llamada simplemente tabla de datos. Esta tabla puede ser vista como ***p*** puntos en un hiperespacio euclidiano $\mathbf{R}^n$. En este caso, cada punto corresponde a una variable (vectores columna) y cada dimensión corresponde a un individuo (filas). Las coordenadas del punto se dan entonces por los valores tomados por las ***n*** muestras (individuos estadísticos) para la variable considerada. Simétricamente, **X** puede ser visto por ***n*** puntos (individuos), tomadas de las coordenadas en otro hiperespacio euclidiano $\mathbf{R}^p$ (Figura 1).

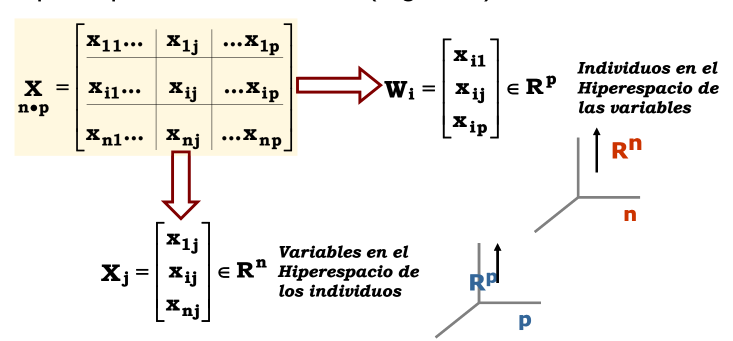


Figura 1: Representación de la tabla **X** como una nube de **n** puntos (individuos) en un hiperespacio Con **p** dimensiones (variables) o como una nube de **p** puntos (variables) en un hiperespacio con **n** dimensiones (individuos).

El concepto de tabla de datos es de suma importancia en Análisis de Datos. Dependiendo de la naturaleza de esta

matriz se usa cada una de las técnicas de análisis. Para nuestros propósitos, será suficiente considerar la matriz tal como la definimos anteriormente (Figura 2).

Los métodos multivariados euclidianos tienen como objetivo buscar los espacios de pequeña dimensión (2 ejes para cartografiado), donde las representaciones de las muestras (individuos) y variables son tan cercanas como sea posible a los originales en el hiperespacio.

Para ello, necesitamos definir las relaciones entre variables y las diferencias entre individuos (Lebart, 1990).

Así, se define **Q**, como una matriz simétrica positiva de las variables (***p* × *p***) y **D**, a una matriz simétrica positiva de las muestras (individuos), (***n* × *n***). **Q** es una métrica utilizada como producto interno en el hiperespacio $\mathbf{R}^{p}$ y permite así medir distancias entre los ***n*** individuos. **D** es una métrica usada como un producto interno en el hiperespacio $\mathbf{R}^{n}$ y permite así medir relaciones entre las ***p*** variables.

En la práctica, la elección de las matrices **X**, **Q** y **D** está estrechamente relacionada con los objetivos del estudio. Diferentes definiciones de **X, Q y D** corresponden a diferentes métodos factoriales multivariados incluyendo, el PCA (para variables continuas), análisis de correspondencias simple ACS (para frecuencias o porcentajes), análisis de correspondencias múltiple ACM (para variables cualitativas, categóricas).

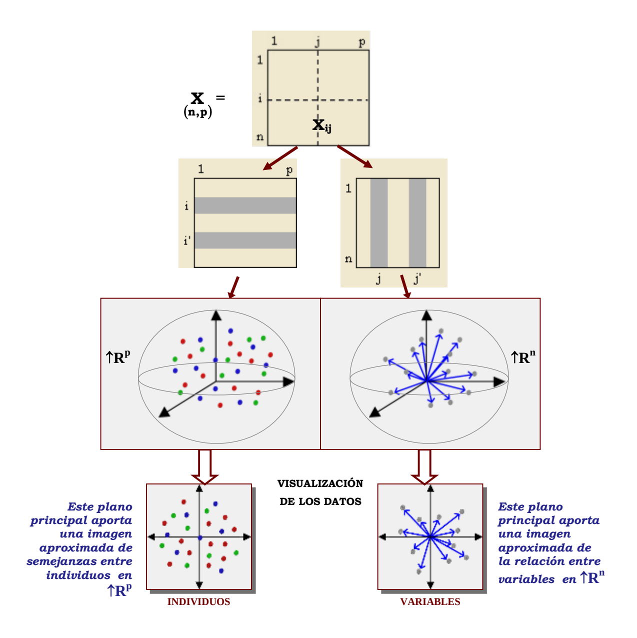


Figura 2. Tabla de datos, los hiperespacios de las variables e individuos y los planos principales.

Todos estos métodos corresponden al análisis de un *triplete particular* (**X, Q, D**) de tres matrices. Esta información se resume en el siguiente diagrama de dualidad en el espacio Euclidiano (Figura 3), donde (**X, Q, D**) es *estrictamente equivalente* a (**X', D, Q**), (Escoufier, 1970).

$$\begin{array}{rcl} & \mathbb{R}^{p} \xrightarrow{\quad \mathbf{Q} \quad} \mathbb{R}^{p*} & \\ (\mathbf{X},\mathbf{Q},\mathbf{D}) \Leftrightarrow \mathbf{X}^{t} \uparrow & & \downarrow \mathbf{X} \\ & \mathbb{R}^{n*} \xleftarrow[\quad \mathbf{D} \quad]{} \mathbb{R}^{n} & \end{array}$$

Figura 3. Diagrama de dualidad en el Espacio Euclidiano

Al triplete **X, Q, D** lo llamamos nube de puntos, donde **X** es la matriz (***n* × *p***) que representa las observaciones de ***p*** variables cuantitativas sobre ***n*** individuos, **Q** es la matriz simétrica definida positiva ***p*** × **p**, que define la métrica euclídea en el espacio de individuos y **D** la matriz simétrica positiva (***n*** × ***n***), que define la métrica euclídea en el espacio de las variables. $\mathbf{R}^{p*}$ se denomina dualidad de $\mathbf{R}^{p}$ (transformaciones lineales de $\mathbf{R}^{p}$ en **R**) y $\mathbf{R}^{n*}$ es el dual de $\mathbf{R}^{n}$. Para el caso ***p = 2*** variables es bastante fácil de representar y se puede hacer la descripción en base en la representación en el plano. En el caso ***p = 3*** variables, aunque ya no es tan fácil de representar los datos, todavía se pueden visualizar usando el espacio tridimensional euclidiano. Para ***p ≥ 4*** variables el estudio visual se hace imposible, dado que el hiperespacio no es visible para el ser humano, de allí el interés de encontrar los subespacios óptimos (planos en el caso usual), sobre los cuales al proyectar la información del hiperespacio, para hacer las representaciones, se desea que la información perdida sea mínima.

Sobre el principio de simetría de los datos, investigadores de la Educación hablan que es simplemente una afirmación de que cada una de las variables de un diseño factorial puede ser seleccionada como objeto de estudio y que las operaciones definidas para esa variable pueden ser transformadas en el estudio de otra variable latente, expresado en el *Diagrama de Dualidad*, (Gardiet *et al.*, p. 1976).

Esto es, precisamente lo que en los análisis multivariados se realiza, encontrando mediante las variables originales, nuevas variables latentes (con conocimiento subyacente), que se utilizan para realizar predicciones e interpolaciones y encontrar zonas continuas de variación. En este caso la técnica consiste en generar los ejes

principales de la forma tradicional (Manly, 1994), posteriormente realizar la correspondiente interpretación de estos en términos de la variabilidad explicada por cada componente respecto a cada variable original y finalmente llevar a cabo un análisis de interpolación a través de la estimación de la función distancia inversa ponderada de los vecinos próximos IDW, o de semivarianza y aplicación de algún procedimiento '*kriging*'[35] con base a los datos de los eje generados CP_1 y CP_2.

1.2. Caso de estudio

Los datos del caso de estudio, se componen de un conjunto de mediciones de inmisión del campo electromagnético de distintas radiofrecuencias, con ***n*** muestras (mediciones) y ***p*** variables (sitios de medición), representados en una tabla **X** (***n*** *x* ***p***)**.** El mapa permite generar un gráfico de los lugares sobre los cuales se pueden identificar estos niveles de radiación. Existen ventajas asociadas con la cartografía que se propone y es que sea posible visualizar en los gráficos resultantes grupos de nivel de mediciones, mediante el examen de la concentración de las mismas a través de regiones coloreadas del mapa.

Nos interesamos en los niveles de radiaciones proporcionadas por las mediciones de inmisión de radiofrecuencias (banda ancha), en cada sitio localizado. Como el número de mediciones es importante (90 mediciones en cada punto, durante 6 minutos), lo recomendado es realizar agrupaciones en "clústeres homogéneos" con el fin de facilitar la interpretación de los resultados. Para ello, el método de clasificación elegido es el de Clasificación Ascendente Jerárquica (CAH), con

[35] Procedimiento de interpolación basado en métodos geoestadísticos que incluyen la autocorrelación, es decir, las relaciones estadísticas entre los puntos medidos. (Nota de los autores)

un truncamiento de clases que resultan óptimas. Con esta tabla de datos, se efectúa un Análisis Factorial (ACP) y la Clasificación Jerárquica (*clustering*) por grupos.

El programa XLSTAT tiene implementado el algoritmo que permite el agrupamiento descrito. Los clústeres encontrados (8 clústeres resultaron en nuestro caso) se yuxtaponen en la tabla original de datos de inmisión. Ordenando la tabla con los baricentros Gi de cada grupo y transpuesta, de manera de tener en las filas los sitios localizados de las mediciones Pi y en las columnas los grupos homogéneos con los baricentros asignados Gi. (Figura 4).

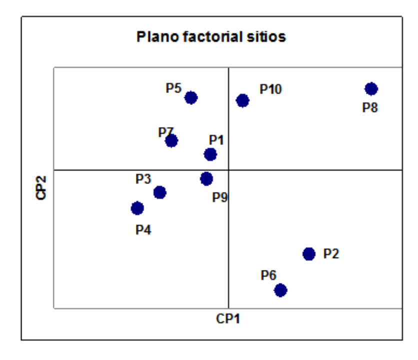
Se realiza un Análisis de Componentes Principales (ACP) y se obtiene un gráfico factorial donde se visualizan la distribución de los sitios (**Pi**) de las mediciones y una nueva tabla de *variables latentes*, donde las columnas son los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2) y las filas, los sitios **Pi**, donde se realizaron las mediciones. (Figura 5).

La propiedad de *dualidad* de los dos espacios, permite que a partir de las coordenadas de los puntos en el espacio factorial del ACP de dos dimensiones (que llamaremos descriptores o matriz **X**) y los niveles medios (baricentros), proporcionadas por los clústeres **Gi** (que llamaremos matriz **Y**), se pueda aplicar ahora el método de regresión de mínimos cuadrados parciales PLS, para integrar los resultados del espacio de los individuos (sitios **Pi**), con los datos del espacio de las variables (Clústeres de niveles **Gi**) y obtener un continuo de puntos estimados por interpolación, superpuesto en el 1º plano factorial principal. El método consiste, en modelizar para cada grupo de mediciones **Gi**, las medias que se han proporcionado a los diferentes puntos de medición localizados, en función de las coordenadas factoriales en

el plano de los individuos, con el objetivo de representar luego estas mediciones en un mapa factorial. (McBratney *et al.*, 1981; Warrick *et al.*, 1986) muestran que, para cualquier densidad muestral, la distancia entre un punto observado y un punto a interpolar es preferible cuando la configuración de los puntos es hecha en un enmallado rectangular o cuadrado (figura 6).

Sitio de medicion (dBu V/m)	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
P1	41,98	37,12	15,50	34,60	37,22	32,00	38,11	38,31
P2	48,05	41,10	61,58	15,12	13,72	53,69	26,17	56,22
P3	24,28	31,97	6,23	18,92	37,71	34,04	26,43	37,79
P4	11,06	27,75	6,39	11,44	42,05	45,91	20,43	34,39
P5	36,84	34,05	9,49	47,72	53,95	43,46	46,05	25,56
P6	37,02	38,16	57,68	2,29	11,16	54,36	16,93	58,08
P7	31,58	33,29	4,97	34,47	46,03	35,45	37,08	31,53
P8	74,89	46,43	67,11	66,56	38,94	64,37	61,62	37,27
P9	38,83	36,59	16,59	27,46	33,23	31,58	33,24	41,32
P10	51,72	39,15	22,27	52,17	45,35	39,70	50,27	32,21

Figura 4. Tabla de baricentros de los clústeres de niveles de inmisión en cada sitio.



	CP1	CP2
P1	-0,51	0,47
P2	2,32	-2,43
P3	-1,95	-0,63
P4	-2,61	-1,09
P5	-1,05	2,12
P6	1,52	-3,48
P7	-1,61	0,88
P8	4,12	2,36
P9	-0,63	-0,23
P10	0,41	2,03

Figura 5. (a) plano factorial de la distribución de los sitios de mediciones. **(b)** tabla de coordenadas factoriales de las dos primeras componentes del ACP, en el plano principal.

De acuerdo con lo anterior el problema se limita a establecer para las dos componentes principales del Análisis Factorial, diferentes densidades, con un enmallado cuadrado, la relación entre las medias de predicción obtenidas en el centro de cada cuadrado y las distancias dadas por un valor **h** de paso. (Figura 6)

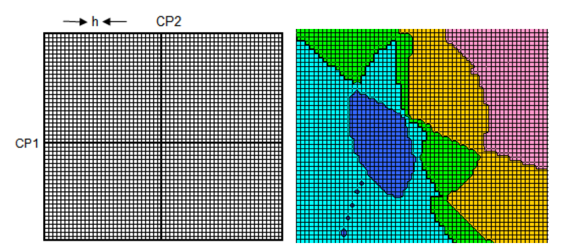


Figura 6. (a). Enmallado con paso h = 0,17 de los valores en las componentes principales CP1 y Cp2. (b), estimación en forma continua zonas de colores de los valores en *% niveles de inmisión, por encima de un umbral establecido*.

Para la estimación, la ponderación de la distancia inversa se basa en el supuesto de que los valores cercanos contribuyen más a los valores interpolados que a los valores distantes de las observaciones. En otras palabras, para este método la influencia de un punto de los datos está inversamente relacionada con la ubicación de la distancia que se está calculando. La ventaja es que el método es intuitivo y eficiente. Esta interpolación funciona mejor con valores distribuidos. La forma más simple de interpolación se llama IDW, o método de Shepard. El programa XLSTAT (2009), tiene implementado el algoritmo que facilita esta operación de interpolación, dando como resultado el Gráfico de Contorno de la variación espacial de los niveles de inmisión y el Mapa factorial de los individuos (o distribución de los sitios de mediciones) según el valor medio del campo Eléctrico, (Figura 7).

2. Resultados

El gráfico de contorno obtenido representa *los niveles de inmisión indicados como porcentaje o número de mediciones por encima de la media* de intensidad del campo en cada zona coloreada.

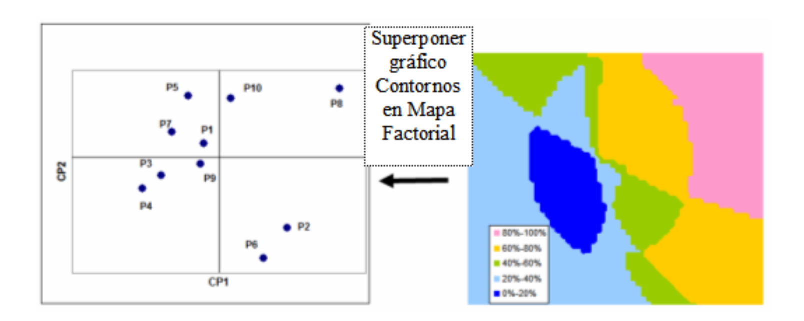


Figura 7. (a) Mapa factorial de los individuos (distribución de los sitios de mediciones y (b) Gráfico de contorno de la variación espacial de las variables (niveles de inmisión).

La condición de simetría de los dos espacios euclidianos sobre los que se crearon los planos principales, permite que ambos se superpongan para dar lugar al cartografiado final de las radiaciones de Inmisión estudiadas, (Figura 8).

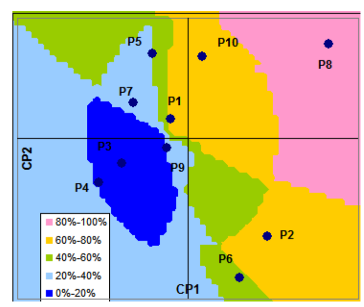


Figura 8. Cartografiado Euclidiano de las Radiaciones de Inmisión estudiadas y los sitios de mediciones.

La interpretación de este mapa de predicciones obtenido sobre los componentes principales de un ACP, permite producir una visión integral del comportamiento conjunto de las variables consideradas dentro del sistema de estudio. El contorno puede leerse como una *probabilidad* (porcentual) *de superarse la intensidad media* del campo en la zona coloreada.

4. Conclusiones

Nuestro enfoque resulta en la construcción relativamente rápida de un mapa de niveles de radiaciones de la exposición a los campos electromagnéticos no georreferenciados preciso, que caracteriza y delinea las zonas de mayor y menor inmisión en un plano factorial euclidiano. Como tal, proporciona una representación simbólica de la exposición y que puede ser fácilmente entendida, donde el objetivo es identificar las regiones de exposición relativamente alta, media y baja. La ventaja principal del método es que los niveles de inmisión son estimados en zonas de variación continua coloreadas en el espacio euclidiano, sobre las componentes principales donde están representados los sitios localizados de las mediciones realizadas.

En este artículo proponemos un nuevo enfoque para la cartografía de la exposición electromagnética, que se asemeja a métodos que son una práctica común en el cartografiado de datos, pero el propósito es proporcionar un primer ejemplo de aplicación de métodos multivariados euclidianos para la cartografía de la exposición radioeléctrica o cualquier otro *concepto de otras disciplinas*, definidos por variables cuantitativas. La metodología propuesta hasta el momento es tan simple como que pertenece al ámbito del Análisis Factorial Multivariado y los Diagnósticos de Imágenes de Datos (DID).

Referencias:

Escoufier, M. Y., Segura, D. D. L. F. G. Elementos Básicos en el Análisis en Componentes Principales (ACP). In ANALES (p. 51).

Cardinet, J., TOURNEUR, W., Allal, L. (1976). The symmetry of generalizability theory: Applications to educational measurement. Journal of Educational Measurement, 13(2), 119-135.

Shepard, D. (1968, January). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference (pp. 517-524). ACM.]

Liggett, R. E. (2010). Multivariate approaches for relating consumer preference to sensory characteristics (Doctoral dissertation, The Ohio State University).

Pages, J. P., Escoufier, Y., & Cazes, P. (1976). Opérateurs et analyse des tableaux à plus de deux dimensions. Cahiers du Bureau universitaire de recherche opérationnelle Série Recherche, 25, 61-89.

Esteban, R. A., Riocerezo, M. G, Castro, C. H., Pascual, E. V. Rasgos básicos del sector agrario castellano-leonés; un nuevo planteamiento espacial y temporal. Metodología Satis.

Cazes, P. (1976). S. Bonnefous A. Baumerder JP Pages. Statistique et analyse des données, 1(2), 48-62.

Bécue-Bertaut, M., & Pagès, J. (2004). A principal axes method for comparing contingency tables: MFACT. Computational Statistics & Data Analysis, 45(3), 481-503.

Bécue, M., Pages, J., & Pardo, C. E. (2005). Contingency table with a double partition on rows and colums. visualization and comparison of the partial and global structures. Applied stochastic models and data analysis, 355-364.

Cazes, P. (2011). Some comments on correspondence analysis. Rennes, France: Agrocampus Ouest, 36.

Cailliez, F., & Pages, J. P. (1976). Introduction à l'analyse des données: Avec des contributions de JC Amiard, ua. Société de mathématiques appliquées et de sciences humaines.

Manly, T., Robertson, I. H., Anderson, V., & Nimmo-Smith, I. (1994). The test of everyday attention (TEA-CH). Bury St. Edmunds: Thames Valley Test Company.

Isaaks, E. H. S., Isaaks, M. R. E. H., & Srivastava, M. R. (1989). Applied geostatistics (No. 551.72 ISA).

Webster, R., & Oliver, M. A. (2001). Geostatistics for environmental scientists (Statistics in Practice).

Webster, R., & Oliver, M. A. (2001). Local estimation or prediction: kriging. Geostatistics for Environmental Scientists, Second Edition, 153-194.

Li, J., & Heap, A. D. (2014). Spatial interpolation methods applied in the environmental sciences: A review. Environmental Modelling & Software, 53, 173-189.

Brus, D. J., De Gruijter, J. J., Marsman, B. A., Visschers, R., Bregt, A. K., Breeuwsma, A., & Bouma, J. (1996). The performance of spatial interpolation methods and choropleth maps to estimate properties at points: a soil survey case study. Environmetrics, 7(1), 1-16.

Hosseini, E., Gallichand, J., & Caron, J. (1993). Comparison of several interpolators for smoothing hydraulic conductivity data in South West Iran. Transactions of the ASAE, 36(6), 1687-1693.

Laslett, G. M., McBratney, A. B., Pahl, P., & Hutchinson, M. F. (1987). Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. European Journal of Soil Science, 38(2), 325-341.

Burrough, P., & McDonnell, R. (1998). Spatial Information Systems and Geostatistics. P. Burrough, & R. McDonnell, Principles of Geographical Information Systems, 333.

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of GIS. Oxford University Press: London, UK.

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Creating continuous surfaces from point data. Principles of Geographic Information Systems. Oxford University Press, Oxford, UK.

McBratney, A. B., Webster, R., & Burgess, T. M. (1981). The design of optimal sampling schemes for local estimation

and mapping of regionalized variables—I: Theory and method. Computers & Geosciences, 7(4), 331-334.
Warrick, S. S., & Crumrine, R. S. (1986). Predictors of success in an anesthesiology residency. Academic Medicine, 61(7), 591-5.
Addinsoft, S. A. R. L. (2009). XLSTAT software, version 9.0. Paris, France.

* * *

8. Adenda al artículo 'Mapas de Conceptos basado en Simetrías del Espacio Euclidiano' (Césari, R. et al.)

Dante Roberto Salatino[36]

Resumen: El propósito de esta extensión es analizar los métodos estadísticos utilizados en el trabajo original, desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Lo anterior lleva una doble finalidad. Por un lado, facilitar su comprensión por parte de no expertos en el tema y dar una indicación somera de cuándo y cómo usarlos y cómo interpretar sus resultados. Por otro lado, mostrar que no importando el tema de que se trate, siempre existe un 'patrón relacional mínimo' que da fundamento estructural y funcional al sistema que es objeto de estudio.

1. Introducción

De las distintas formas que existen de abordar la realidad objetiva, tal vez, el método de Van Fraassen (1989) (modelo basado en un grupo formado por los aspectos relevantes del sistema analizado) sea el que más se adapte para complementar la investigación llevada a cabo por Césari y colaboradores. De hecho, la Lógica Transcursiva se basa en la identificación de los elementos básicos que definen, mediante sus interrelaciones, el fundamento estructural y funcional que caracteriza un determinado sistema, objeto de nuestro estudio.

El trabajo que nos ocupa utiliza el Análisis Multifactorial y los Componentes Principales con el fin de construir un mapa de niveles de campo electromagnético que delinea las distintas zonas de mayor y menor inmisión en un plano factorial euclidiano.

El propósito del método estadístico usado es encontrar un conjunto de datos que permitan analizar la dinámica que

---

36 Instituto de Filosofía – FFL - UNCuyo

liga a un gran número de variables, factores y componentes.

2. Análisis de Componentes Principales (Escofier & Pagès, 2008, p. 7)

El Análisis de Componentes Principales tiene como objetivo esencial resumir la mayoría de la información original en una cantidad mínima de factores con propósitos de predicción.

Su aplicación se hace sobre tabulaciones cruzadas de ‘individuos’ y ‘variables’. (Figura 1)

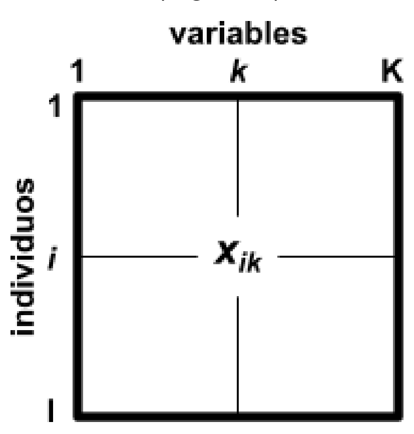


Fig. 1 TABLA INDIVIDUOS x VARIABLES CUANTITATIVAS

El Análisis de Componentes Principales aplicado a la tabla anterior, en donde los ‘individuos’ son asignados a las filas y las ‘variables’ a las columnas, constituye un estudio exploratorio que se lleva a cabo en función de: 1) Una evaluación de las semejanzas entre los individuos (distancia), y 2) Un resumen de los vínculos entre variables (relación).

Naturalmente, los dos caminos propuestos anteriormente, no son independientes debido a la dualidad inherente a una tabla de doble entrada. Una situación ideal sería la superposición de estas dos tipologías, que es, como veremos luego, lo que propone la Lógica Transcursiva.

Peso de los individuos: es habitual considerar que todos los individuos son del mismo tipo (misma importancia en el total), por lo que la masa total de los individuos es igual a 1.

Peso de las variables: como en el caso de los individuos el total de las variables, en la práctica, se considera igual a 1.

Tenemos todos los elementos para definir el PAU (patrón autónomo universal) (Salatino, 2017) que sustenta el Análisis de Componentes Principales (ACP). (Figura 2)

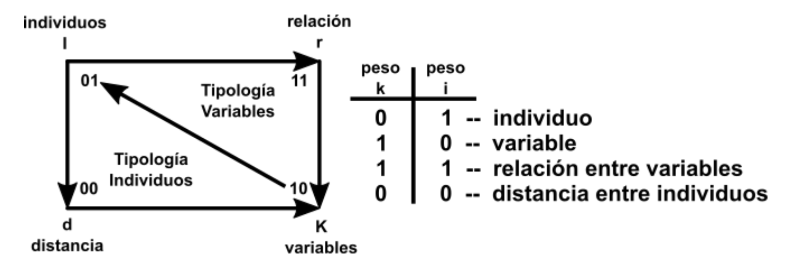


Fig. 2 PAU DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Vemos en el esquema anterior la estructuración en dos niveles bien diferenciados, uno superficial que caracteriza las variables, y uno profundo que determina los individuos, ambos dispuestos en oposición. El elemento que especifica las variables es la relación (r) que hay entre ellas, mientras que es la distancia (d) que hay entre ellos lo que define a los individuos. Estas 'tipologías' son opuestas, complementarias y concurrentes o simultáneas. Los códigos binarios de cada elemento del

PAU surgen de la tabla de asignación adjunta. Allí, además de los códigos que surgen de los pesos (importancia) de cada uno de los elementos básicos (individuos y variables), están los códigos de las transformaciones que los interrelacionan. Por un lado, la transformación evidente o superficial (11) que tiene que ver con las diferencias, las que son calculadas mediante el coeficiente de correlación (r), cálculo en el que intervienen ambos pesos. Por otro lado, la transformación oculta (00) que tiene que ver con las semejanzas calculadas mediante la distancia (d) entre individuos, cálculo en donde no intervienen ninguno de los dos pesos.

La integración de los códigos del PAU hace de él un 'grupo algebraico', por medio del cual se puede demostrar las simetrías del sistema y la capacidad de representación en un espacio vectorial (estructura algebraica), ya que el nivel superficial es operado mediante una 'suma' y el nivel profundo mediante un 'producto'. De esta forma, aplicando sucesivas XOR a los códigos del nivel superficial, se puede determinar las relaciones entre las variables, mediante un ciclado dextrógiro (en el sentido de las agujas del reloj). Mientras que aplicando sucesivas $\equiv$ (equivalencias o la opuesta a XOR) al plano profundo, mediante un ciclado levógiro (en contra de las agujas del reloj) se puede determinar la distancia entre los individuos. Esta secuencia se realiza hasta encontrar 'individuos únicos', por idénticos, a los cuales asignar las variables especificadas en el nivel superficial.

Nube de individuos: analizar los individuos es considerar la tabla inicial como una yuxtaposición de filas. A cada individuo (**i**) se le asocia una secuencia de variables (**k**). Según esto, un individuo puede ser representado como un 'punto' de un espacio vectorial con dimensiones **K**

denotados como $\mathbf{R}^{\mathbf{K}}$, de las cuales, cada dimensión representa una variable. El conjunto de individuos constituye la 'nube' $\mathbf{N}_{\mathbf{I}}$.

Tan pronto como **K** es mayor que tres, el estudio directo de $\mathbf{N}_{\mathbf{I}}$ es imposible, debido a la limitación tridimensional de nuestro sentido visual. De ahí el interés de los métodos multifactoriales como el ACP que proporcionan 'imágenes planas' que se aproximan bastante bien a una nube ubicada en un hiperespacio, logradas mediante proyección.

Nube de variables: las variables, en la tabla inicial, representan una superposición de columnas. Cada variable está asociada a un conjunto de $\mathbf{N}_{\mathbf{I}}$. Por tanto, una variable puede ser representada como un 'vector' del espacio vectorial de **I** dimensiones denominado $\mathbf{R}^{\mathbf{I}}$, donde cada dimensión representa a un individuo. El ensamble de los extremos de los vectores representan las variables que constituyen la 'nube' $\mathbf{N}_{\mathbf{K}}$.

Distancia entre individuos: la elección de la distancia dentro de $\mathbf{R}^{\mathbf{I}}$ consiste en asignar a cada dimensión un coeficiente igual al 'peso' de cada individuo dentro de la 'nube' $\mathbf{N}_{\mathbf{I}}$ de $\mathbf{R}^{\mathbf{K}}$. Intuitivamente, esto equivale a la elección de dos individuos absolutamente idénticos que pueden ser reemplazados por uno solo que tiene un 'peso' doble. De esta forma se reduce la cantidad de individuos a los componentes principales.

Relación entre variables: como cada variable, según dijimos, está representada por un vector, el coseno del ángulo formado por dos variables es igual al coeficiente de correlación (r) entre esas dos variables.[37] El coeficiente

[37] En efecto, si tomamos dos variables en un conjunto de *n* individuos y las centramos -es decir, restamos a cada uno de los valores la media aritmética de la correspondiente variable- obtenemos dos variables de

de correlación es una medida estadística de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. Recordar que estamos trabajando en ‘imágenes planas’, por tanto el cálculo lineal es correcto.

3. Dualidad (Escofier & Pagès, 2008, p. 107)

La ‘nube’ $\mathbf{N_I}$ de los individuos y la $\mathbf{N_K}$ de las variables son dos representaciones de la misma tabla, una a través de las ‘filas’ y la otra mediante las ‘columnas’. Hay relaciones llamadas de ‘dualidad’ que unen estas dos nubes.

*Las matrices **X, M** y **D***: las coordenadas x_{ij} de los puntos **I** de la ‘nube’ $\mathbf{N_I}$ en el espacio $\mathbf{R^K}$ forman una tabla o una matriz de dimensiones (**I**, **K**) denominada ***X***. El espacio $\mathbf{R^K}$ está provisto de una métrica euclidiana que deriva de un producto escalar cuya matriz de dimensiones (**K**, **K**) se denomina ***M***. Las coordenadas de los puntos $\mathbf{N_I}$ y la métrica del espacio $\mathbf{R^K}$ definen la forma de la nube, pero es necesario un cálculo adicional en donde intervienen los ‘pesos’ de los puntos de $\mathbf{N_I}$. Estos pesos (**p**) se almacenan en una matriz diagonal (matriz cuadrada cuyas entradas

---

media nula que podemos interpretar como dos vectores n-dimensionales. Si calculamos el producto escalar de estos dos vectores obtendremos un escalar igual al producto del módulo de ambos vectores por el coseno del ángulo que forman entre ellos. Despejando el coseno nos queda que éste es igual al producto escalar entre los dos vectores dividido por el producto de sus módulos. En resumen, podemos entender el coeficiente de correlación entre dos variables como el coseno del ángulo que forman dichas variables una vez han sido centradas. Un coseno muy próximo a +1 indicará que el ángulo entre las variables centradas es muy pequeño -muy próximo a cero- con lo que las variables centradas estarán muy próximas en el espacio. Un coseno muy próximo a -1 indicará que el ángulo entre las variables centradas es muy cercano a π radianes, con lo que las variables centradas tienen sentidos contrapuestos. Un coseno de cero indica que el ángulo formado entre las dos variables centradas es un ángulo recto: en ese caso decimos que las variables centradas son ortogonales. (Nota del autor)

son todas nulas excepto en la diagonal principal) de dimensión **I**, denominada ***D***.

Toda la información necesaria para calcular los factores está contenida en las matrices ***X***, ***M*** y ***D***.

3.1. Esquema de la 'dualidad': el método factorial consiste en analizar, simultáneamente, por una parte, en ($\mathbf{R}^K$, ***M***) la nube $\mathbf{N_I}$ afectada por los pesos contenidos en ***D***. Por otra parte, en ($\mathbf{R}^I$, ***D***) la nube $\mathbf{N_K}$ afectada por los productos contenidos en ***M***. (Figura 3)

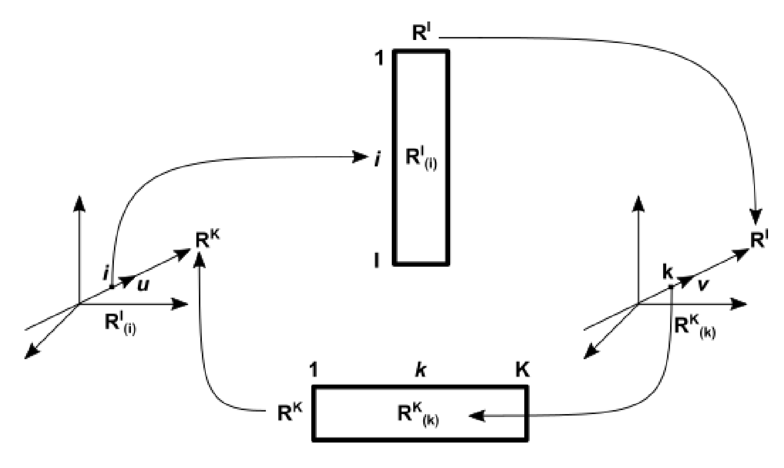


Fig. 3 ESQUEMA DE LA DUALIDAD
Referencias: u y v: variables
(Adaptado de Escofier & Pagès, 2008, p. 117)

3.2. Dinámica de la dualidad

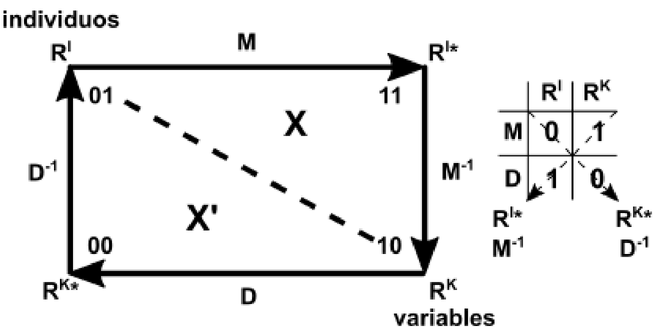


Fig. 4 PAU DE LA DUALIDAD

Las matrices ***X***, ***M*** y ***X'***, ***D*** definen aplicaciones de $\mathbf{R}^{\mathbf{I}}$ en $\mathbf{R}^{\mathbf{K}}$ y de $\mathbf{R}^{\mathbf{K}}$ en $\mathbf{R}^{\mathbf{I}}$ que enlazan los factores de ambas nubes.

Estas matrices son equivalentes a matrices de rotación, por lo que pueden considerarse ortogonales. Por lo tanto, $R^T = R^{-1}$, es decir, la matriz transpuesta (intercambio de filas por columnas) es igual a la matriz recíproca o inversa. Las matrices ortogonales representan transformaciones isométricas, son isomorfismos. El conjunto de todas ellas forman un grupo. Esto mismo refleja la Figura 4, en donde se ha formado un PAU con las distintas matrices que participan en el cálculo de factores.

Como bien lo refleja el esquema anterior, las nubes de individuos y la de las variables son isomorfas, aunque no tienen la misma métrica (***M***), sino que una es la inversa de la otra. Así se puede constatar que las distancias entre los pares de puntos homólogos son las mismas. Este isomorfismo inducido por ***M*** se puede usar en cualquier análisis factorial. De hecho, la métrica ***M*** del espacio $\mathbf{R}^{\mathbf{I}}$ define un isomorfismo de $\mathbf{R}^{\mathbf{I}}$ en su dual, llamado $\mathbf{R}^{\mathbf{J*}}$. Si

damos a $\mathbf{R}^{\mathbf{I}*}$ la métrica $\boldsymbol{M}^{-1}$, el mapeo ***M*** es un isomorfismo de espacios euclídeos.

El análisis de las nubes $\mathbf{N}_{\mathbf{I}}$ y $\mathbf{N}_{\mathbf{K}}$ es equivalente al de sus imágenes $\mathbf{N}_{\mathbf{I}}*$ y $\mathbf{N}_{\mathbf{K}}*$ por ***M*** y ***D***. La matriz ***X*** define así, una aplicación ***X*** de $\mathbf{R}^{\mathbf{I}*}$ en $\mathbf{R}^{\mathrm{K}}$. De forma similar, la matriz ***X’*** define una aplicación de $\mathbf{R}^{\mathrm{K}*}$ en $\mathbf{R}^{\mathrm{I}}$. El PAU de la Figura 4 resume estas relaciones y determina la dinámica que significa ‘moverse’ cíclicamente de los factores de una nube a los factores de otra nube. Tal como lo corroboran los códigos de la tabla adjunta de la figura anterior, estas matrices configuran un grupo algebraico y por tanto, respetan el principio de simetría, en donde las distancias y las formas se conservan.

Referencias:

Escofier, B.; Pagès, J. (2008). *Analyses Factorielles simples et multiples. Objectifs, methods et interpretation*. Paris, Dunod.

Salatino, D. R. (2017). *Tratado de Lógica Transcursiva. Origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva*. Mendoza, Argentina, Autoedición – ISBN: 978-987-42-5099-5.

Van Fraassen, B. C. (1989). *Laws and Symmetry* – Clarendon Press, Oxford.

* * *

9. Control de un motor paso a paso mediante Lógica Transcursiva

Alfredo Puglesi[38]; María Susana Bernasconi [39]

Resumen: El propósito de este trabajo es mostrar una aplicación tecnológica de la Lógica Transcursiva consistente en el control de un motor paso a paso. La LT se programa y se ejecuta sobre un Controlador Lógico Programable , PLC por sus siglas en inglés. Sus salidas son los mandos de una electrónica de potencia que actúa sobre los bobinados del estator del motor. A su vez, las acciones del PLC están comandadas por un operador mediante un Control Supervisor y de Adquisición de Datos, conocido como SCADA por sus siglas en inglés (Supervisory Control And Data Acquisition) residente en una PC, desde el cual se pueden variar las revoluciones y sentido de giro del motor.

Palabras claves: Motor PaP, PLC, SCADA, Lógica Transcursiva

1. Introducción

Los autores de este trabajo integran el Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería de la UNCuyo. Dentro de sus actividades habituales están aquellas que promueven la experimentación y el saber hacer. En éste contexto, se presenta éste trabajo desarrollado con fines pedagógicos para luego hacerlo extensivo a aplicaciones sobre equipos y máquinas automáticas.

2. Motor paso a paso bipolar

A diferencia de los motores de corriente continua que giran indefinidamente cuando son conectados a una fuente de alimentación, los motores paso a paso (PaP) solamente giran un ángulo determinado, los primeros sólo

---

38 Laboratorio de Control – Facultad de Ingeniería - UNCuyo

39 Laboratorio de Control – Facultad de Ingeniería - UNCuyo

disponen de dos terminales de conexión, mientras que estos últimos tienen 4 que son los extremos de las dos bobinas L1 y L2 del estator, de allí el nombre de bipolar. Por otro lado los motores de corriente continua no pueden quedar enclavados en una sola posición, mientras los motores paso a paso lo pueden hacer con gran precisión cuando se les aplica pulsos a los bobinados del estator según secuencias predeterminadas, como se verá. El giro controlado es muy variado pasando desde los 90º hasta los 1.8º e incluso 0.72º, por paso. En éste caso es un motor de 1,8 º, esto es, son necesarios 200 pulsos para dar una revolución completa. La Figura 1 muestra un motor PaP.



Figura 1

3. Principio de funcionamiento

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras en su estator. La Figura 2 corresponde a un rotor.



Figura 2

La Figura 3 muestra una imagen del conjunto estator y rotor. Mientras que en la Figura 4 se ve un esquema del mismo conjunto, con un estator de 2 pares de bobinas. Cada par se conecta en serie y dispuestos geométricamente forma tal que un par resulte ortogonal al otro. El primer par se denomina bobina L1, cuyos extremos son 1a y 1b, mientras que el segundo par se denomina bobina L2, cuyos extremos son 2a y 2b.

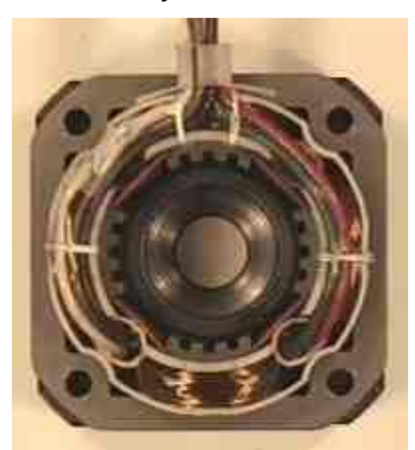


Figura 3

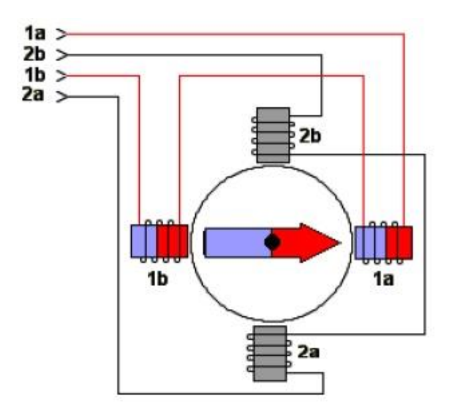


Figura 4

La Figura 5 muestra un esquema simplificada es éste tipo de motor paso a paso bipolar.

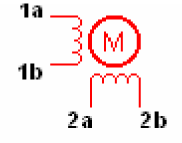


Figura 5

Para controlar estos motores bipolares se deben invertir las polaridades de los terminales de las bobinas L1 y L2 en una determinada secuencia para lograr un giro a la derecha, y en secuencia opuesta para que gire a la izquierda. La secuencia sería la que se muestra en la Tabla 1, limitada sólo a los primeros 4 pasos, que se pueden repetir indefinidamente.

Nº de Pasos	1a	1b	2a	2b
Paso 1	+Vcc	GND	+Vcc	GND
Paso 2	+Vcc	GND	GND	+Vcc
Paso 3	GND	+Vcc	GND	+Vcc
Paso 4	GND	+Vcc	+Vcc	GND

Tabla 1

Para visualizar lo antes dicho, se muestra en la Figura 6 un esquema donde el extremo 1a de L1 y el extremo 2b de L2 están energizados, por lo que el imán del rotor se posiciona magnéticamente entre las 2 bobinas mencionadas, y que corresponde al Paso 2 de la Tabla.



Figura 6

+Vcc se corresponde a un **1** lógico y GND a un **0** lógico. Se comprueba también que al aumentar o disminuir la cantidad de pasos por unidad de tiempo se traduce en un aumento o disminución de las rotaciones y que la inversión de la secuencia de la Tabla 1 produce un cambio en el sentido de la rotación.

4. Driver o interfaz de potencia

Entre el control de los pasos ejecutados mediante la Lógica Transcursiva (LT) que reside en el PLC y las bobinas del motor se necesita de una interfaz de potencia. En éste caso se realiza mediante el uso del circuito integrado L293B, que con los accesorios necesarios, conforman el siguiente circuito. Figura 7.

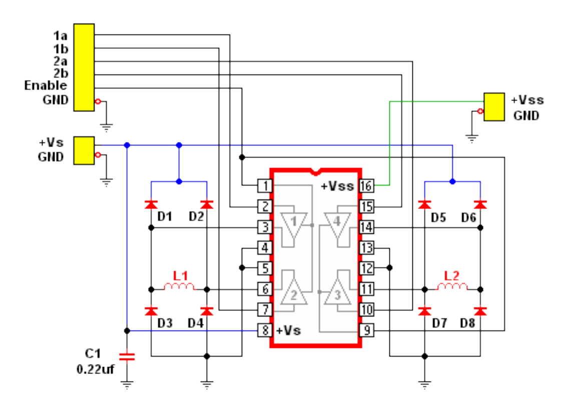


Figura 7

En el esquema, en la parte superior izquierda, en los bornes 1a,1b, 2a y 2b se reciben los pulsos desde el PLC, de acuerdo a la secuencia mostrada en Tabla 1 y en correspondencia el circuito integrado energiza las bobinas L1 y L2 con la polaridad que corresponda a cada paso.

Los diodos D1 a D8 son para proteger al integrado de las sobretensiones generadas por dichas bobinas. Las líneas marcadas en azul corresponden a la tensión de alimentación de los motores que pueden ser 5 Vcc, 12 Vcc ó 24 Vcc, de allí la necesidad de la interfaz de potencia.

5. Lógica Transcursiva y PLC

La Figura 8 muestra el PLC empleado, se trata del modelo Twido DLMDA40DTK de la firma Schneider, dispone de 40 entradas y salidas lógicas y protocolo de comunicaciones Modbus.



Figura 8

El mismo se programa siguiendo las transformaciones que propone la LT. La Figura 9 muestra el régimen de inversión de la corriente que circula por las bobinas en una secuencia determinada, en su formato binario.

	terminales			
paso	1a	1b	2a	2b
1	1	0	1	0
2	1	0	0	1
3	0	1	0	1
4	0	1	1	0

Figura 9 Tabla de Conmutación Binaria

Con el fin de controlar las operaciones binarias que se necesitan para una activación programada de las bobinas excitadoras, desde la LT, se aprovecha la total correspondencia ya demostrada entre la disposición relacional del PAU (Patrón Autónomo Universal) y la teoría del color de la luz. (Salatino, 2017).

En la Figura 10 se observa, esquemáticamente, un motor paso a paso bipolar y superpuesto el PAU conmutador en donde figuran dispuestos en sus vértices los cuatro pasos de excitación.

Los colores asignados responden al sistema IRGB (codificación del color de 4 bits. I: por intensidad) con lo cual se puede codificar la secuencia total de cada paso según muestra la tabla anterior, mediante el correspondiente código binario. Se puede ver en la figura que están asignados solo dos de los tres colores primarios: (Red, Green, Blue) azul y verde. Además, los dos colores secundarios (complementarios y opuestos binarios) respectivos (magenta y amarillo).

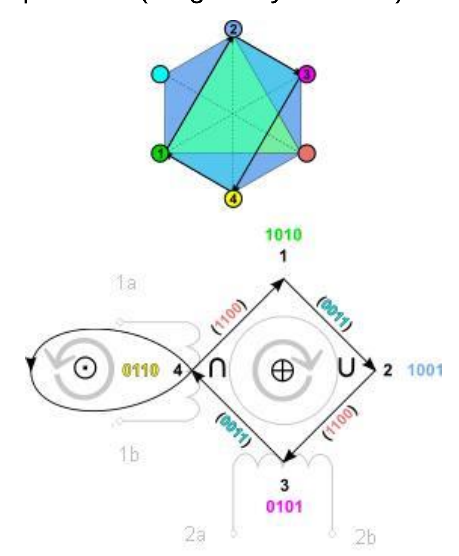


Figura 10

La solución de la secuencia de pasos y sus códigos respectivos es posible gracias a la existencia de un ‘patrón interno’, oculto, que logra la secuencia completa que exige un *grupo algebraico* para evidenciar su simetría

de rotación. Este patrón está dado por el color rojo y su complementario (ciano) y funciona como ‘mediador’ algebraico entre los elementos que conforman el PAU. Desde el punto de vista electromagnético, el patrón oculto, podría asimilarse al *momento magnético* (μ) del rotor que, al tratar de colocarse paralelo al campo magnético generado por las bobinas activadas, le imprime a este una aceleración angular que lo hace girar. En la parte superior de la figura anterior se puede ver una interpretación geométrica de lo dicho.

PASO	D_X	L_V
	1a1b2a2b	1a1b2a2b
①	$0110 \oplus 1100 = 1010$	$0110 \odot 1100 = 0101$
②	$1010 \oplus 0011 = 1001$	$1010 \odot 0011 = 0110$
③	$1001 \oplus 1100 = 0101$	$1001 \odot 1100 = 1010$
④	$0101 \oplus 0011 = 0110$	$0101 \odot 0011 = 1001$

Figura 11 OPERACIONES DE COMPOSICIÓN

Como a cada paso se le ha asignado un color mediante el código binario pertinente, basta operar junto al ‘patrón común’ (μ) (rojo/ciano) para obtener la secuencia del paso siguiente en cada paso, logrando así que el rotor gire. Para lograr un giro dextrógiro (en el sentido de las agujas del reloj) del rotor se utiliza como operación de composición del grupo algebraico que constituye el PAU,

la XOR (OR exclusiva: ⊕). Para hacer funcionar el rotor en sentido inverso (levógiro) basta hacer las mismas operaciones algebraicas pero ahora utilizando como operación de composición, la NXOR (equivalencia: ⊙, o negada de la XOR). De esta forma se obtiene una tabla de conmutación que es la negación de la original, lo cual es suficiente como para que el rotor gire en sentido inverso.

Todo el proceso desarrollado respeta absolutamente los principios de la LT, ya que se logra formar un *grupo algebraico* (PAU) que muestra una oposición mediada por otra oposición, que técnicamente constituye una conexión de Galois. (Ibídem, p. 186)

6. SCADA

Para realizar el mando remoto se utiliza el programa P-CIM de AFCON. El mismo es una Interfaz Hombre Máquina (HMI) que permite proporcionar alarmas integradas y monitoreo de eventos así como la adquisición, análisis y presentación de la información de plantas, máquinas y equipos industriales. Se utiliza para diseñar proyectos de control y automatización personalizados y en general se conecta con autómatas lógicos programables (PLC´s) y otros dispositivos de campo. La Figura 12 ilustra al respecto.



Figura 12

En el desarrollo de la interfaz se aprovechan las funcionalidades que otorga P-CIM: la adquisición de datos en tiempo real, el diseño de la aplicación y la posibilidad de realizar una interacción on-line.

Un sistema SCADA obedece generalmente a una estructura Maestro-Esclavo. La estación central o maestra, se comunica con el resto de las estaciones o esclavos, para requerirles datos e indicarles acciones.

P-CIM posee tres capas básicas, Figura 13:

- Capa de Comunicación: Esta capa se encarga de la comunicación con los PLC´s , en éste caso mediante el protocolo Modbus a 19.200 bits/segundo.
- Capa de Procesamiento de Datos: Esta capa lleva a cabo la mayor parte del procesamiento de datos, registro histórico y manejo de alarmas.
- Capa de Aplicación: Esta capa presenta la información, interactúa con el operador y realiza los controles de alto nivel y de programación.

La Capa de Comunicación recibe y envía datos desde y al PLC, los transfiere a la Capa de Procesamiento de Datos, que se encarga de analizar la información y por último la Capa de aplicación procesa la información y la envía hacia la pantalla (ventana del operador con el proceso a controlar).

La tarea consistió en crear la interfaz hombre-máquina para controlar la velocidad y sentido de giro del motor Pap desde la computadora: pulsadores e indicadores luminosos. La Figura 14 muestra la pantalla de operación.



Figura 13

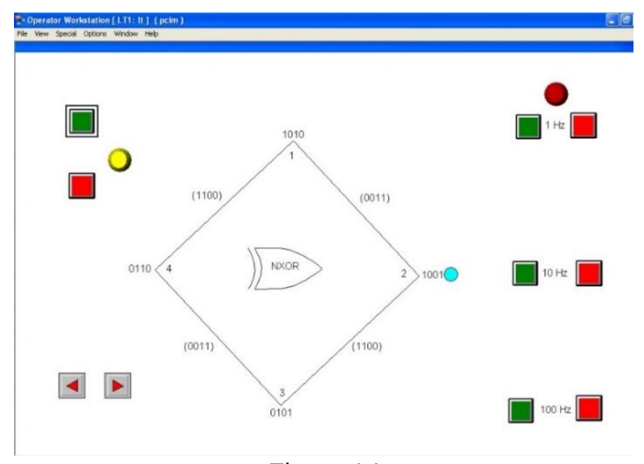


Figura 14

Esta “ventana al proceso”, permite al operador, encender o parar el sistema, cambiar el sentido del giro, como así también la frecuencia deseada sobre el motor PaP,

dinámicamente, se ven los pasos ciclando en los vértices, siguiendo el código de colores ya comentado en las Figuras 9 y 11.

A su vez la Figura 15 muestra el gráfico en tiempo real de la activación del par de bobina, los de menor altura, corresponden a la excitación de 1a y 2a, a su vez lo de mayor altura a los terminales 1b y 2b. La diferencia de altura se ha dado por software para brindar una mejor visión de los momentos en que cada par se energiza.

Es de hacer notar que la comunicación entre el SCADA y el PLC es 19.200 bits/segundo, por lo que la aplicación se ve claramente para una frecuencia de 1 Hz, para las otras dos, de 10 Hz y 100 Hz, el SCADA es incapaz de responder en tiempo real a la variación impuesta al motor desde el PLC, no obstante el SCADA responde a los comandos del operador, pero el seguimiento de los pasos en la pantalla de operación como el gráfico no son de utilidad. La solución es tecnológica y consiste en lograr una velocidad de comunicación acorde a la dinámica impuesta por el PLC sobre el motor PaP, no disponible para la versión de SCADA utilizado en éste trabajo. Finalmente se aclara que el PLC, como computador orientado al manejo de eventos en tiempo real satisface plenamente lo requerido o sea, éste no pierde el control.

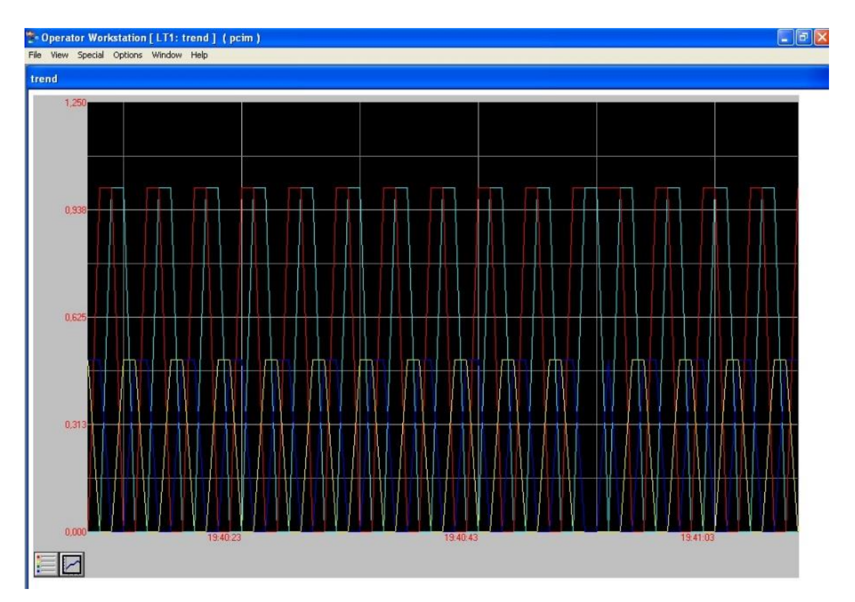


Figura 15

7. Conclusiones

La Lógica Transcursiva resultó una herramienta útil para el análisis y la implementación del control de un motor PaP a partir de la fenomenología cíclica de su funcionamiento que implica como ya vimos, sucesivas permutaciones de las conexiones simultáneas de los terminales del par de bobinas para que posibilite su giro. Industrialmente son considerables aquellos procesos sobre máquinas y equipos de naturaleza cíclica, a veces de bastante complejidad donde la LT puede extenderse hacia los mismos, exitosamente.

Referencias

Afcon Software and Electronics Ltd., P-CIM Training Manual, Israel 2007.

Salatino, D. R. (2017). Tratado de Lógica Transcursiva. Origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva. Mendoza, Argentina, Autoedición. ISBN: 978-987-42-5099-5

Schneider Electric, Manual de funcionamiento de TwidoSoft, Versión 3.2l, Francia, 2008.

* * *

10. ¿QUÉ ES UN GRUPO?

Ana María Narváez[40]

Resumen: El propósito de este trabajo es dar un glosario de la estructura algebraica de grupo, morfismo y conexión de Galois, que le permita a un lector no matemático identificar estos conceptos con rigurosidad pero sin adentrarse en el mundo de las demostraciones, tan estimadas en Matemática. La razón de esta elección es que permita discutir y/o analizar conceptos dados en Lógica Transcursiva entendida como un método de investigación. La Lógica Transcursiva constituye una herramienta que permite escrutar la realidad, pero lo hace desde la perspectiva del sujeto y no sólo desde las manifestaciones evidentes o aparentes de lo empírico (Salatino, 2017). El método usado para obtener la información consistió en el análisis lógico y epistemológico de la bibliografía básica de grupos. Se observó que los ejemplos de morfismos de grupos satisfacen varios objetivos: (i) modelar detalles y/o restricciones que hay en la realidad; (ii) representar situaciones particularmente vinculadas; (iii) desempeñar el rol de un universal del lenguaje científico-técnico y, (iv) facilitar la construcción de recursos didácticos para la enseñanza y aprendizaje de la Matemática en carreras de Ingeniería. Las investigaciones realizadas permitieron concluir que la estructura algebraica de grupo, los morfismos de grupos y la conexión de Galois permiten modelar variadas situaciones de las ciencias de la naturaleza, donde subyace la simetría. Finalmente, la posibilidad de investigar campos científicos, aparentemente disjuntos, utilizando como nexo la noción matemática de función no deja de ser un interesante desafío.

Palabras claves: grupo, morfismo, conexión de Galois, Lógica Transcursiva.

[40] FRM – UTN, UNCuyo

1. Introducción

En Álgebra moderna es muy importante considerar situaciones formalmente análogas a las de los números, es decir, de considerar conjuntos dotados de operaciones y, estudiar sus propiedades. Esto da lugar a las llamadas *estructuras algebraicas.* Éstas juegan un papel fundamental en todas las ramas de la Matemática; por ejemplo, en Análisis, los grupos topológicos, los anillos de funciones, etc. son ejemplos de estructuras algebraicas. En Álgebra dos estructuras importantes son la de grupo y anillo; en general, el algebrista trabaja con estas dos estructuras como herramientas básicas, los teoremas se tratan de formular en términos de estas estructuras. Este punto de vista, más general, ha sido de inestimable valor en otras ramas de la ciencia aparentemente separadas del Álgebra (Análisis, Geometría, etc.) y de la Matemática (Química, Física, Arquitectura, Filosofía, etc.).

El concepto de grupo permitió a Felix Klein sistematizar la Geometría.

La Teoría de Grupos nació mostrando su valor al resolver un clásico problema que no se había logrado solucionar con los métodos tradicionales: el de las ecuaciones de grado superior al cuarto.

La razón de la elección de este tema es propender a la discusión y/o análisis de conceptos dados en Lógica Transcursiva, entendida como un método de investigación. La Lógica Transcursiva constituye una herramienta que permite escrutar la realidad, pero lo hace desde la perspectiva del sujeto y no sólo desde las manifestaciones evidentes o aparentes de lo empírico (Salatino, 2017).

Henri Poincaré (1854-1912) dijo que:

“Los matemáticos no estudian los objetos, sino las relaciones entre los objetos; por tanto, les es indiferente reemplazar estos objetos por otros, con tal que no cambien las relaciones. La materia no les importa, sólo les interesa la forma.”

2. Ley de composición binaria u operación binaria o ley interna o ley de composición interna o ley de cierre o ley de clausura

Sea A un conjunto no vacío. Llamaremos operación binaria en A o bien ley de composición binaria en A, al dar, con cada par de elementos de A, a_1, a_2 (primero a_1 y luego a_2) un elemento que denominamos $a_1 * a_2$ también en A y que denominamos la *composición de* a_1 *con* a_2 (en ese orden).

Dicho más formalmente una operación binaria en A es una aplicación de

$$A \times A \rightarrow A$$
$$(a_1, a_2) \rightarrow a_1 * a_2$$

$a_1 * a_2$ se denomina la composición de a_1 con a_2 (el signo x se lee producto cartesiano entre conjuntos).

Por ejemplo, la suma de dos números naturales define una ley de composición binaria en **N** (conjunto de números naturales); la ley que asigna al par de números enteros $(a_1, a_2) \rightarrow a_1 \cdot a_2 + 1$ (1) es una composición binaria en **Z** (conjunto de números enteros). Como se observa, existen infinitas posibilidades de definir leyes de composición binaria en distintos conjuntos, no necesariamente numéricos; pero muchas de ellas no son de utilidad pues se hace difícil trabajar con ellas.

Nos interesan las operaciones que son asociativas.

2.1. Propiedades de las Leyes de Composición Interna

Definición de ley asociativa Sea A un conjunto dotado de una operación binaria *. Podemos simbolizar esta situación con (A, *). Diremos que * es asociativa si

$$a_1 * (a_2 * a_3) = (a_1 * a_2) * a_3 \qquad (2)$$

cualesquiera sean a_1, a_2 , a_3 en A.

Si * es asociativa, escribimos $a_1 * a_2 * a_3$, en lugar de las expresiones en (2).

También si $a \in A$, escribimos

$$a^1 = a,\ a * a = a^2,\ a * a * a = a^3,\ \ldots,\ a^{n+1} = a^n * a.$$

(el símbolo $\in$ se lee pertenece)

Ejemplos de operaciones binarias asociativas son (**N**, +), (**N**, ·), (**Z**, +), (**Z**, ·), (**Q**, +), (**Q**, ·), (**R**, +), (**R**, ·), (**C**, +).

Nota: **Q** indica el conjunto de números racionales**,** **R** el de números reales **y C** el conjunto de números complejos.

Ejemplos

1) La ley binaria dada arriba en (1) no es asociativa, pues

$$(2 * 1) * 1 = (2\cdot1 + 1) * 1 = 3 * 1 = 3\cdot1 + 1 = 4$$
$$\text{y} \quad 2 * (1 * 1) = 2* (1\cdot1 +1) = 2 * 2 = 2\cdot2 + 1 = 5$$

2) Sea el conjunto finito no numérico A = {a, b} con la operación * definida en la siguiente tabla

*	a	b
a	a	b
b	b	a

Tabla Nº 1: Definición de * en A

Se observa que * es asociativa en A, pues se verifican las 8 posibilidades con los dos elementos dados, pudiendo repetir cada uno de ellos hasta tres veces.

Definición de monoide Un conjunto A dotado de una operación se denomina *monoide.* Se acostumbra decir que sobre A está definida una estructura de monoide. Un monoide asociativo se denomina *semigrupo.*

Definición de ley conmutativa Sea (A, *) un conjunto dotado de una ley de composición binaria, * es *conmutativa* si

$$a_1 * a_2 = a_2 * a_1$$

cualesquiera sean a_1, a_2 en A.

Por ejemplo, en (**N**, +), + es conmutativa; en (A, *) dada en la tabla de arriba, * es conmutativa (se observa la simetría respecto de la diagonal de la tabla).

2.2. Elementos distinguidos de las Leyes de Composición Interna

Definición de elemento neutro Sea (A, *) un conjunto dotado de una ley de composición binaria. Se denomina *elemento neutro* de *, o también *elemento identidad* de (A, *), a todo elemento $e \in A$ tal que

$$a * e = e * a = a \qquad (3)$$

cualquiera sea $a \in A$.

Por ejemplo, la ley de composición en **Z**, $a * b = a \cdot b + 1$, no posee elemento neutro, pues debería cumplirse la definición para todo $a \in$ **Z;** sin embargo, si a = 1,

$$e = 1 * e = 1 \cdot e + 1 = e + 1, \text{ que es absurdo.}$$

Definición de elemento inversible Diremos que a es *inversible a izquierda* en A, o que tiene un *opuesto a izquierda*, o un *inverso a izquierda* en A si existe $c \in A$ tal que $c * a = e$.

Existe análoga definición de *inversible a derecha.*

Diremos que a es *inversible* si existe $a' \in A$ tal que

$$a * a' = a' * a = e.$$

En este caso a’ se denomina un *inverso* u *opuesto o elemento simétrico* de a en A.

Proposición Sea (A, *) un monoide asociativo con elemento neutro e. Entonces $a \in A$ es inversible si y sólo si a es inversible a izquierda y a derecha.

Nota: Se puede demostrar que el inverso es único.

Por ejemplo, en (**Z**, +), e = 0 es el elemento neutro. Entonces todo elemento de **Z** es inversible o tiene opuesto o simétrico para la operación +, es decir, para todo $a \in \mathbf{Z}$, existe $a' \in \mathbf{Z}$ tal que a + a’ = 0.

En (A, *) definido en la tabla anterior, a es el elemento neutro (observar que para a, se reproduce la fila y la columna en la tabla).

Proposición Sea (A, *) asociativo con elemento neutro. Entonces:

i) si a y c son elementos en A inversibles, a * c es inversible y (a * c)’ = c’ * a’

ii) si a es inversible, (a’)’ = a.

A continuación se da la definición axiomática de grupo abstracto que fue formulada por primera vez por Frobenius en 1887, advirtiendo que los teoremas que se demuestran dependen únicamente de los axiomas y no de conceptos de grupos de permutaciones, como lo hicieron sus antecesores Cauchy, Jordan y Sylow.

3. Definición de Grupo

Sea (G, *) un conjunto (no vacío) dotado de una operación o función *.

Un conjunto G no vacío y una operación que simbolizamos por * constituyen un *grupo* o bien se dice que (G, *) es un *grupo* o

que * define sobre G una *estructura de grupo* si se verifican los siguientes axiomas

G1) * es una ley de composición interna en G.

G2) * es asociativa.

G3) Existe en G un elemento neutro para *.

G4) Para todo elemento de G existe un elemento, en G, que es su inverso.

Notas

. G1, G2, G3 y G4 constituyen un sistema axiomático: los axiomas de grupo.

. Si además se verifica un quinto axioma, G5, donde * es conmutativa, se dice que el grupo es *abeliano* o *conmutativo.*

Notaciones

- Por abuso de notación y lenguaje, si (G, *) es un grupo, diremos simplemente que G es un grupo.

- A las leyes de composición * las denotaremos habitualmente en dos formas, la notación aditiva + en lugar de * y la notación multiplicativa · en lugar de *.

- En el caso aditivo, también denotaremos – a en lugar de a’, 0 en lugar de e.

- En el caso multiplicativo, a^{-1} en lugar de a’ y 1 en lugar de e.

- Como consecuencia valen las siguientes relaciones:

$a + (-a) = 0$; $-(-a) = 0$; $-(a + b) = (-a) + (-b)$;

$a^{-1} \cdot a = a \cdot a^{-1} = 1$; $(a^{-1})^{-1} = a$; $(a \cdot b)^{-1} = b^{-1} \cdot a^{-1}$, siendo a y b elementos bien definidos en G para la operación binaria.

3.1. Propiedades de los grupos

1) En un grupo, todas las ecuaciones del tipo a * x = b y x * c = d, siendo x la incógnita, y a, b, c y d elementos del grupo G, tienen solución (en G), y es única.

2) En un grupo (G, *) la operación inversa de * es siempre posible, y tiene resultado único.

3) En un grupo, vale la ley cancelativa a izquierda y a derecha. En símbolos

$$a * b = a * c \Rightarrow b = c \quad \text{y} \quad d * f = r * f \Rightarrow d = r$$

4) En un grupo, el elemento neutro es único.

5) En un grupo, cada elemento tiene un solo inverso, o bien el elemento inverso es único para cada elemento del grupo.

Definición Sea G un grupo (multiplicativo) y $x \in G$.

Sea $n \in \mathbf{N}$. Entonces se define en G, $x^{-n} = (x^{-1})^n$

Proposición Sea G un grupo y $x \in G$.

i) Si $n \in \mathbf{N}$ entonces $x^{-n} = (x^n)^{-1}$

ii) Si r y s pertenecen a **Z** entonces $x^r \cdot x^s = x^{r+s}$

3.2. Definición de grupo finito

Un grupo G se dice *finito* si el conjunto G es finito. Su cardinal se denomina el *orden* del grupo G. En caso contrario, se dice que G es un grupo *infinito*.

3.3. Ejemplos de grupos

1) El conjunto S de todas las funciones biyectivas de un conjunto A no vacío, en sí mismo, con la composición de funciones como ley interna en S, denotado por (S, $\circ$) es un grupo no abeliano, conocido como el grupo de transformaciones de A. En particular, si A = {1, 2, 3, 4} y la función o aplicación $f \in S$ es tal que f(1) = 2, f(2) = 4, f(3) = 3 y f(4) = 1, escribimos

$$f = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 4 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

y si $g \in S$ es tal que $g = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$ entonces la composición $f \circ g$ está dada por $f \circ g = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 3 & 4 & 2 \end{pmatrix}$

Existen 4·3·2·1 = 4! funciones distintas en un conjunto de 4 elementos.

En el caso finito A = {1, 2, …, n}, el grupo S se llama el *grupo de las permutaciones de A* o el *grupo simétrico de grado n* y se indica con S_n (posee n! elementos).

2) El grupo de los 4 elementos de Klein (1849-1925) consiste en el conjunto A = {a, b, c, d} con la ley de composición definida por la tabla

*	a	b	c	d
a	a	b	c	d
b	b	a	d	c
c	c	d	a	b
d	d	c	b	a

Tabla Nº 2: Grupo de Klein

Es fácil identificar que el grupo es abeliano (observar las diagonales y la simetría respecto de ellas) y que cada elemento se identifica con su inverso (los elementos son autoinversibles), siendo el neutro a.

3)El grupo abeliano de las raíces (complejas) enésimas de la unidad, es decir, de las soluciones complejas de la ecuación $z^n - 1 = 0$, $z \neq 0$ y $z \in$ **C,** con la operación de multiplicación en **C**.

En particular, si $z^3 - 1 = 0$, las raíces cúbicas de la unidad son $z_0 = 1$, $z_1 = -\frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2}$ y $z_2 = -\frac{1}{2} - i\frac{\sqrt{3}}{2}$. Estas raíces representadas gráficamente en el plano complejo (sistema de coordenadas cartesianas ortogonales) determinan los vértices de un triángulo equilátero inscripto en una circunferencia de radio igual 1.

La tabla de la ley de composición, que es la multiplicación compleja es

·	$\mathbf{z_0}$	$\mathbf{z_1}$	$\mathbf{z_2}$
$\mathbf{z_0}$	z_0	z_1	z_2
$\mathbf{z_1}$	z_1	z_2	z_0
$\mathbf{z_2}$	z_2	z_0	z_1

Tabla Nº 3: Grupo de las raíces cúbicas de la unidad con la multiplicación

4) El conjunto de las isometrías del triángulo equilátero ABC son: identidad, Id; simetría de eje que es la mediana del lado opuesto al vértice A, Sm_A; simetría de eje que es la mediana del lado opuesto al vértice B, Sm_B; simetría de eje que es la mediana del lado opuesto al vértice C, Sm_C; giro con centro en la intersección de las medianas y ángulo de rotación antihorario de 120º, R(120º); giro con centro en la intersección de las medianas y ángulo de rotación antihorario de 240º, R(240º). En símbolos

$$G = \{Id, Sm_A, Sm_B, Sm_C, R(120º); R(240º)\}$$

Considerando la operación composición de funciones, $\circ$, se obtiene la siguiente tabla que muestra la composición de las isometrías de un triángulo equilátero

$\circ$	**Id**	**Sm_A**	**Sm_B**	**Sm_C**	**R(120º)**	**R(240º)**
Id	Id	Sm_A	Sm_B	Sm_C	R(120º)	R(240º)
Sm_A	Sm_A	Id	R(120º)	R(240º)	Sm_C	Sm_B
Sm_B	Sm_B	R(240º)	Id	R(120º)	Sm_A	Sm_C
Sm_C	Sm_C	R(120º)	R(240º)	Id	Sm_B	Sm_A
R(120º)	R(120º)	Sm_C	Sm_A	Sm_B	R(240º)	Id
R(240º)	R(240º)	Sm_B	Sm_C	Sm_A	Id	R(120º)

Tabla Nº 4: Grupo de isometrías de un triángulo equilátero con la composición de funciones

Se observa:

G1) El producto de isometrías del triángulo ABC es una isometría del triángulo ABC. Se verifica la ley de cierre.

G2) La composición de isometrías es asociativa. Vale la propiedad asociativa.

G3) Existe una isometría, Id, que compuesta con cualquiera, a derecha o a izquierda, no la altera. Existe elemento neutro.

G4) Dada una isometría, siempre existe otra que, compuesta con ella a derecha e izquierda da Id. Todo elemento de G tiene inverso.

Luego, el conjunto de las isometrías de un triángulo equilátero con la composición de funciones, forman un grupo (no abeliano).

5) El conjunto de los números enteros congruentes módulo n, n $\in \mathbf{R}$, con la adición forman un grupo. Se entiende que dos números enteros son congruentes módulo n si tienen el mismo resto al ser divididos por n. Por ejemplo, al numerar las horas del día se acostumbra contar sólo hasta las 12 y volver a

empezar, esta sencilla idea de prescindir de los múltiplos de un número fijo, 12 en este caso, es base de la noción aritmética de congruencia. Decimos que dos enteros son congruentes módulo 12 si difieren en un múltiplo entero de 12; 7 y 19 son un ejemplo. Se escribe $Z_{12} = \{0, 1, 2, \ldots, 11\}$ para indicar el conjunto de los restos al dividir cualquier entero por 12, como una forma compacta y abreviada de indicar las clases de los infinitos enteros que dan el mismo resto al ser divididos por 12. Se anota, en general $Z_n = \{0, 1, 2, \ldots, n\}$ como el conjunto de enteros congruentes módulo n. Así $Z_2 = \{0, 1\}$, $Z_3 = \{0, 1, 2\}$, etc. Las sumas y productos de enteros congruentes son también congruentes.

6) El conjunto de matrices con coeficientes reales de m filas por n columnas con la operación suma de matrices constituyen un grupo abeliano. Ídem con coeficientes complejos.

3.4. Definición de subgrupo

Un subconjunto no vacío H, del grupo G, es un subgrupo de (G, *) si y sólo si (H, *) es grupo**.**

Ejemplos de subgrupos

. Todo grupo (G, *) admite como subgrupos al mismo G, y al conjunto cuyo único elemento es el elemento neutro e. Ambos se llaman subgrupos triviales de (G, *).

. (**Z**, +) es subgrupo de (**Q**, +).

. (**R**, +) es subgrupo de (**C**, +)

Condición necesaria y suficiente de subgrupos

Teorema Si H es subconjunto no vacío del grupo (G,*) que verifica que si a y b están en H, a * b’ está en H. Entonces (H,*) es un subgrupo de (G, *).

3.5. Morfismo de Grupos

Sean (G, *) y (G’, *’) dos grupos.

Se dice que la función $f: G \to G'$ es un *morfismo de grupos* si

$$f(a * b) = f(a) *' f(b)$$

cualesquiera sean a y b en G.

3.6. Propiedades de morfismos de grupos

Si $f: G \to G'$ es un morfismo de grupos. Entonces

(i) La imagen del neutro del primer grupo es el neutro del segundo grupo, es decir, si e es el elemento neutro de G y e' es el elemento neutro de G', $f(e) = e'$.

(ii) La imagen del inverso de todo elemento de G es igual al inverso de su imagen.

Nota: Estas propiedades son útiles en la práctica en su forma contrarrecíproca (ver ejemplo 3, siguiente).

(iii) Si además f es una función biyectiva (morfismo biyectivo o *isomorfismo*), los dos grupos tienen la misma cantidad de elementos (cardinalidad).

3.7. Ejemplos de morfismos de grupos

1) La función logaritmo real en base b ($b \neq 1$ y $b > 0$), definida mediante $\log_b$: $\mathbf{R}^+ \to \mathbf{R}$, considerando la multiplicación en $\mathbf{R}^+$ y la adición en **R**, siendo

$$\log_b (x \cdot y) = \log_b (x) + \log_b (y),$$

es un morfismo entre los grupos ($\mathbf{R}^+$, ·) y (**R**, +). Se observa que el morfismo es biyectivo (uno a uno o correspondencia biunívoca), es decir, $\log_b$ es un isomorfismo de grupos. Históricamente, los logaritmos fueron descubiertos a partir de la comparación de sucesiones geométricas de razón q con sucesiones aritméticas de primer término 0 y de diferencia 1, estableciendo un vínculo (función), en el siglo XVI.

2) La función inversa del logaritmo en base b, que es la función exponencial, es un isomorfismo de grupos.

3) Sea A el conjunto de las isometrías del rectángulo (función identidad, Id; simetría de eje en la base media de un lado, Sm1; simetría de eje en la base media del otro lado, Sm2; y simetría respecto del punto de intersección de las diagonales, S_0, con la composición de funciones, $\circ$, y B = {1, i, -1, - i} con la multiplicación de números complejos.

Si f: A $\rightarrow$B está dada por la siguiente tabla

f	
Id	1
Sm1	i
Sm2	-1
S_0	- i

Tabla Nº 5: Correspondencia entre grupos

Esta correspondencia o aplicación o función no es un morfismo de grupos, pues en G todos los elemento son involutivos (su cuadrado es la identidad: $Id^2 = Id \circ Id = Id$, $Sm1^2 = Sm1 \circ Sm1 = Id$; $Sm2^2 = Sm2 \circ Sm2 = Id$ y $S_0^2 = S_0 \circ S_0 = Id$) mientras que ello no ocurre en el segundo grupo, por ejemplo, $i^2 = i \cdot i = -1 \neq 1$. No se verifica la propiedad de los morfismos que indica que la imagen del elemento neutro del primer grupo debe ser el elemento neutro en el segundo.

4) Sea el grupo de las cuatro rotaciones de un cuadrado que lo dejan invariante (rotaciones de ángulos de 0º, 90º, 180º y 270º en el sentido antihorario), denotado por

$$G = \{R(0º), R(90º), R(180º), R(270º)\}$$

con la composición de funciones, $\circ$, dada por la siguiente tabla

o	**R(0º)**	**R(90º)**	**R(180º)**	**R(270º)**
R(0º)	R(0º)	R(90º)	R(180º)	R(270º)
R(90º)	R(90º)	R(180º)	R(270º)	R(0º)
R(180º)	R(180º)	R(270º)	R(0º)	R(90º)
R(270º)	R(270º)	R(0º)	R(90º)	R(180º)

Tabla Nº 6: Composición de rotaciones del cuadrado

Sea G' = {1, i, - i, -1} con la multiplicación en **C**. Si consideramos la función f: G $\rightarrow$G' dada por

f	
1	R(0º)
i	R(90º)
-1	R(180º)
- i	R(270º)

Tabla Nº 7: Isomorfismo entre G y G'

Se observa un isomorfismo (morfismo biyectivo) de grupos, o sea G y G' son isomorfos, es decir, algebraicamente tienen el mismo comportamiento.

5) Un ejemplo de grupos isomorfos de dos elementos es el conjunto de los enteros 1 y -1 con la multiplicación, denotado por ({1, -1}, ·) y el grupo de las isometrías del triángulo isósceles, ({Id, Sm_B}, **o**). Se puede demostrar que todos los grupos de dos elementos son isomorfos entre si, pues uno debe ser el elemento neutro y el otro debe ser autoinversible; todas las tablas de la ley interna de un grupo de dos elementos son idénticas.

6) Un ejemplo de grupos isomorfos de tres elementos es el conjunto de las rotaciones del triángulo equilátero {(R(0º), R(120º), R(240º)} con la composición de funciones y, el grupo

formado por el conjunto de las raíces cúbicas de la unidad con la multiplicación de números complejos.

7) Un ejemplo de grupos isomorfos de infinitos elementos es el grupo formado por el conjunto de los vectores libres del plano, con la operación adición de vectores; con el grupo de las traslaciones del plano con la composición de funciones y el grupo del conjunto de números complejos con la adición de números complejos.

8) La función f: $\mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}^2$ / f(a) = (a, 0) es un morfismo que nos permite trabajar indistintamente entre, por ejemplo el número 2 y el par (2, 0).

9) La función g: $\mathbf{R} \rightarrow \mathbf{C}$ / f(a) = a + 0 i es un morfismo que nos permite trabajar indistintamente entre, por ejemplo, el número 2 y 2 + 0 i.

10) La conjugación de números complejos dada por

h: $\mathbf{C} \rightarrow \mathbf{C}$ / f(z) = $\bar{z}$, donde z = a + b i y $\bar{z}$ = a – b i es un morfismo entre grupos considerando la suma y el producto en **C**.

A continuación se formula un teorema que permite determinar isomorfismos, debido a Cayley (1821-1895).

4. Teorema de Cayley

Todo grupo G es isomorfo a algún subgrupo del conjunto de las aplicaciones inyectivas (uno a uno) de un conjunto sobre si mismo.

Cuando G es finito, el teorema de Cayley se formula normalmente como sigue: *Un grupo finito se puede representar como un grupo de permutaciones.* En otras palabras, todo grupo (G, $\circ$) finito de orden n es isomorfo a un subgrupo del grupo de todas las permutaciones de un conjunto de n elementos.

Nota: Históricamente los grupos se generaron de esta manera. En los trabajos de Lagrange, Abel, Galois y otros, encontramos resultados sobre grupos de permutaciones que fueron demostrados a finales del siglo XVIII y principios del XIX. No fue hasta mediados del siglo XIX que Cayley introduce aproximadamente el concepto abstracto de grupo.

5. ¿Para qué sirven los morfismos?

Si (G, *) es un grupo, la imagen de G a través de la aplicación f, con *', también es grupo, y si (G, *) es abeliano, la imagen también.

Por lo tanto, los morfismos sirven para clasificar estructuras conduciendo a identificar aquellas que son esencialmente idénticas. Lo que es posible demostrar en un conjunto vale en los que son imágenes de él a través de un morfismo. En muchas ocasiones esto es un ahorro de trabajo. Lo anterior tiene la ventaja de transformar G como un sistema abstracto en algo más concreto.

La importancia de los morfismos está en su posibilidad de modelar. En la práctica, el proceso usado corresponde a un diagrama conmutativo modificado:

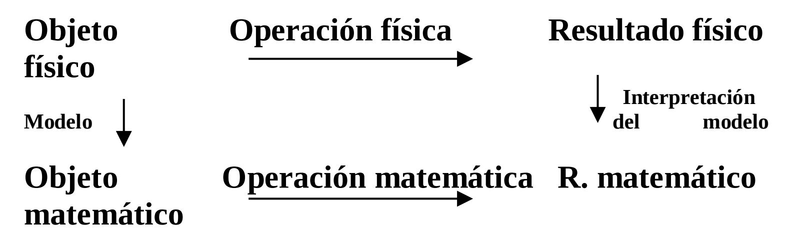


Figura Nº 1: Diagrama conmutativo modificado

6. Estructura algebraica de cuerpo

Definición La terna (K, +, ·) es un cuerpo si y sólo si satisface los siguientes axiomas

1. (K, +) es grupo abeliano.

2. (K-{0}, ·) es grupo abeliano.

3. El producto es distributiva respecto de la suma.

Ejemplos

i) La terna (**Z**, +, ·) no es cuerpo, pues los únicos elementos no nulos que admiten inverso multiplicativo son -1 y 1.

ii) (**C**, +, ·) es cuerpo.

iii) ($\mathbf{Z_n}$, +, ·) con n primo es cuerpo.

Nota

Una de las propiedades más interesantes de los cuerpos es la posibilidad de resolver ecuaciones de la forma a x = b, con a no nulo; tienen resultado único en el cuerpo.

7. Grupo de Galois

Es un grupo asociado a un cierto tipo de extensión de cuerpo. El estudio de las extensiones de cuerpos (y los polinomios que dan lugar a ellas) mediante el grupo de Galois es conocido como Teoría de Galois.

Definición de grupo de Galois

Supongamos que E es una extensión del cuerpo K. E es una extensión de un cuerpo K si K es un subcuerpo de E, con la restricción a K de las operaciones + y · en E. Consideremos el conjunto de todos los automorfismos del cuerpo de extensión E sobre K, que se anota E/K o E:K; esto es, los isomorfismos α de E en sí mismo, tal que α (x) = x para cada x $\in$ K. Este conjunto de automorfismos junto con la operación de composición de

funciones forman un grupo, denotado por Aut(E/K) o $Aut_K E$ (funciones biyectivas de E en sí mismo que preservan la suma y el producto).

Si E/K es una extensión de Galois, entonces G es el llamado grupo de Galois de la extensión, y se denota Gal(E/K).

Algunos ejemplos de grupos de Galois son:

- Gal (K/K) es el grupo trivial que tiene un solo elemento, llamado automorfismo identidad.
- Gal (**C/R**) tiene dos elementos, automorfismo identidad y conjugación compleja.

8. Conexión de Galois

En Matemática, una conexión de Galois es una correspondencia particular entre dos conjuntos parcialmente ordenados (*poset* en inglés).

Una relación *R* en un conjunto A se llama un *orden parcial* si *R* es reflexiva, antisimétrica y transitiva. El conjunto A junto con el orden parcial *R* se llama *conjunto parcialmente ordenado* y se denota por (A, *R*).

Los órdenes parciales más comunes son la relación menor o igual, denotada por $\leq$ y mayor o igual, denotada por $\geq$ en los conjuntos **N** y **Z**. Por esta razón**, s**e acostumbra escribir (A, $\leq$) para indicar un conjunto parcialmente ordenado.

Definición de conexión de Galois Sean (A, $\leq$) y (B, $\leq$) dos conjuntos parcialmente ordenados. Una conexión de Galois entre estos conjuntos consiste en dos funciones monótonas F: A $\rightarrow$B y G: B$\rightarrow$A tales que cualesquiera sean a$\in$A y b$\in$B: F(a) $\leq$ b $\Leftrightarrow$ a $\leq$ G(b).

Observaciones

- Las conexiones de Galois generalizan la correspondencia entre subgrupos y subcuerpos estudiados en la Teoría de Galois.

- Una conexión de Galois es bastante más débil que un isomorfismo entre los posets implicados, pero cada conexión de Galois da lugar a un isomorfismo entre ciertos sub- posets.

- El nombre se debe al matemático francés Évariste Galois (1811-1832).

9. Conclusiones

- La importancia de los morfismos está en su posibilidad de modelar.

- Los automorfismos (morfismos de un grupo en sí mismo) son los objetos matemáticos que representan las simetrías.

- La matemática es una creación del intelecto, y, actualmente tiende a enseñarse en la universidad en forma axiomática; en nuestra opinión, este punto de vista representa el avance natural del desarrollo científico, pues entronca los casos particulares en situaciones generales de las cuales ellas derivan, permitiendo conocer mejor lo que antes se sabía de modo fragmentario.

- De acuerdo con Wigner (1902-1995), quien introduce la teoría de grupos en la Física atómica, consideramos acertada su expresión que se refiere a *“La irrazonable eficacia de las Matemáticas en las Ciencias Naturales”*.

Bibliografía

Birkhoff - Mac Lane (1970) *Álgebra Moderna*. España: Editorial Vicens-Vives

Gentile, E. (1976) *Notas de Álgebra I*. Buenos Aires: Editorial Universitaria.

Herstein, L. N. (1988) *Álgebra Abstracta*. México: Grupo Editorial Iberoamericana.

Rojo, Armando O. (1984) *Álgebra I*. Buenos Aires: Ed. El Ateneo.

Salatino, Dante R. (2017). *Tratado de lógica transcursiva: origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva* (1ra ed.) – Mendoza, Argentina. ISBN: 978-987-42-5099-5. Disponible en: https://aprend3r.blogspot.com.ar/2017/08/nueva-publicacion.html (consulta, 19/10/2017)

11. Análisis del electromagnetismo desde la Lógica Transcursiva

Ítalo Alejandro Ortiz[41]

Resumen: El propósito de esta investigación fue analizar fenómenos del electromagnetismo y las ecuaciones de Maxwell a la luz de la lógica transcursiva, con la finalidad de elaborar representaciones gráficas que pudieran describirlos. El método usado consistió en el análisis de los fenómenos mencionados generando su representación por medio del patrón autónomo universal. Se encontró que en el análisis de la inducción el patrón autónomo universal utilizado para el campo electrostático no generaba una representación consistente con el del campo eléctrico inducido, justificando con esta metodología que el campo eléctrico tiene dos formas, una estática o conservativa y otra dinámica, no conservativa, Además, fue posible representar la ley de Faraday por medio de una heterarquía que muestra la dependencia del campo eléctrico inducido respecto del campo magnético variable. Finalmente, se analizaron las ecuaciones de Maxwell y se pudo representar por medio de un patrón autónomo universal cíclico las relaciones cruzadas entre campo eléctrico y campo magnético que son las que permiten intuir la presencia de una onda cuyo frente avanza en el espacio en forma plana. Entre las conclusiones se indica que la lógica transcursiva es útil para representar fenómenos físicos, poner en evidencia inconsistencias teóricas y además, es una herramienta para generar mapas conceptuales que expliciten relaciones superficiales y profundas de distintos conceptos teóricos.

Palabras claves: Lógica transcursiva, electromagnetismo, física.

---

[41] FRM - UTN

1. Introducción

En el capítulo 24 de su libro “Tratado de Lógica transcursiva”, Dante Salatino propone algunas ideas sobre la representación de las ecuaciones de Maxwell mediante la lógica transcursiva y el Patrón Autónomo Universal.

En el presente documento se ha ampliado ese análisis incluyendo otros temas del electromagnetismo, logrando representaciones de los mismos mediante patrones autónomos universales.

Para lograr la finalidad mencionada, el análisis comienza con el estudio de las leyes de Gauss para el campo eléctrico y magnético, luego se analiza la ley de Faraday y finalmente se abordan las ecuaciones de Maxwell. Para las primeras se utilizan patrones autónomos estructurales, en tanto que las ecuaciones de Maxwell se representan por medio de un patrón autónomo cíclico que refleja mejor las relaciones entre las 4 ecuaciones.

En relación con la lógica transcursiva conviene recordar algunos conceptos.

La lógica transcursiva es un desarrollo de la idea o argumento de simetría de Van Fraassen, según la cual este argumento podría servir de guía para la caracterización de una teoría científica (Salatino, 2017). La idea que subyace en este argumento es que si existe una regla R que resuelve un problema determinado (A), cuya salida o solución es (R(A)) también existirá una transformación inversa (h) que al aplicarla a la solución da como salida el problema inicial.

Posteriormente, se desarrolla esta idea sobre la base de un grupo que consta de dos elementos estáticos contrapuestos y dos elementos dinámicos dispuestos en

oposición. Los cuatro elementos ocupan en forma alternada los cuatro vértices de un rectángulo. Todos los elementos tienen un código binario que los identifica y que surge de una tabla de asignaciones con, al menos, dos atributos básicos.

Los elementos estáticos son complementarios y concurrentes, en tanto que los otros dos elementos son dinámicos. Uno de los elementos dinámicos liga a los dos estáticos con una transformación evidente (Salatino, 2017), observable o medible. El elemento restante representa una transformación oculta, no evidente.

Los elementos descriptos se ubican en los vértices de un rectángulo y se vinculan entre sí por medio de operaciones lógicas de disyunción exclusiva y equivalencia, que representan la unión de los elementos por sus diferencias y la separación de los mismos por sus semejanzas.

Este arreglo se denomina patrón autónomo universal (PAU) y su estructura representa a un grupo de Galois. Los componentes del patrón se distribuyen, como ya se ha mencionado, en una disposición rectangular a la cual se agrega la diagonal entre los dos elementos estáticos. La finalidad de dividir al patrón en triángulos es para destacar los dos niveles que forman esta estructura y su evolución temporal en sentido opuesto (Salatino, 2017).

Además se puede destacar que el patrón autónomo cumple con las premisa de los grupos, ya que un grupo es un conjunto de elementos reunidos por una operación de composición que, aplicada a esos elementos, vuelve a dar un elemento del conjunto; existe un elemento neutro que, compuesto con otro, no lo modifica y existe sobre todo una operación inversa que, compuesta con la operación directa, da el elemento neutro. (Piaget, 2002).

2. Ley de Coulomb

En 1785 luego de varios experimentos, realizados con una balanza de torsión, Charles Coulomb determina que entre dos cargas eléctricas se genera una fuerza de atracción o repulsión que es proporcional al valor de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

La expresión de la ley de Coulomb es muy similar a la de la ley de la gravitación universal de Newton, y en ella se muestra claramente que el incipiente campo del electromagnetismo estaba fuertemente influenciado por la mecánica newtoniana, como puede observarse en las ecuaciones que están a continuación.

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad\qquad F = G\,\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Ley de Coulomb — Ley de gravitación universal

Asociada a la fuerza eléctrica se tiene un campo eléctrico, que por definición es la fuerza eléctrica por unidad de carga. Para calcular el campo eléctrico producido por un conjunto de cargas en punto P del espacio se usa el principio de superposición. Entonces, se calcula el campo eléctrico que cada carga produce sobre P y luego se suman los vectores resultantes para obtener el campo resultante. Este puede ser un proceso complicado si la distribución de cargas no tiene algún tipo de simetría.

3. Primera ecuación de Maxwell: Ley de Gauss

Cuando la distribución de cargas es simétrica es posible aplicar la ley de Gauss para calcular el campo; la forma diferencial de esta ley es la siguiente:

$$\nabla \circ \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \qquad (1)$$

Donde:
E: Campo Eléctrico
ε_0: Permitividad del vacío
ρ: densidad volumétrica de cargas

La ecuación (1) indica que el campo eléctrico tiene divergencia no nula, por lo tanto las líneas de campo eléctrico tienen principio y fin.

Por convención se considera que las líneas de campo salen de cargas positivas y entran en cargas negativas. Divergen de las cargas positivas y convergen en las negativas. (Fleish, 2008).

La divergencia es un concepto muy importante en áreas de la ingeniería relacionada con campos vectoriales. James Clerk Maxwell acuñó el término "convergencia" para describir la operación matemática que mide la velocidad a la que fluyen las líneas del campo eléctrico hacia los puntos de carga eléctrica negativa (lo que significa que la convergencia positiva se asoció con la carga negativa) (Fleish, 2008). Posteriormente, Oliver Heaviside sugirió el uso del término "divergencia" para la misma cantidad con el signo opuesto.

Entonces, desde el punto de vista del campo eléctrico, la divergencia positiva se asocia con el "flujo" de las líneas de campo eléctrico que salen de las cargas positivas.

Físicamente la divergencia da una medida de la fuerza de una fuente radiante (Hurray, 2010), y en la ecuación (1) esta medida se representada por la densidad volumétrica de cargas ρ. Entonces, mientras más carga por unidad de volumen haya mayor será la divergencia.

La representación de la ley de Gauss, o primera ecuación de Maxwell, por medio de un patrón autónomo universal es la siguiente:

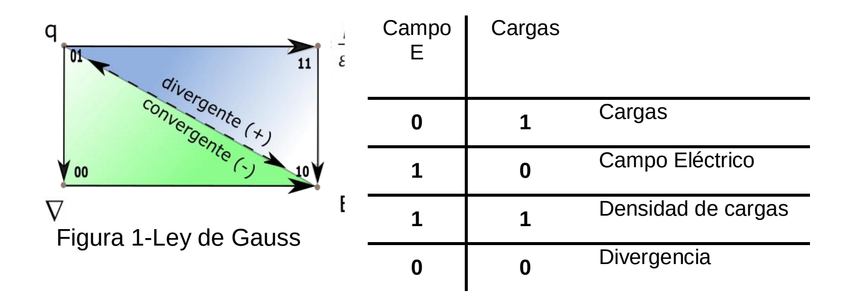


Figura 1-Ley de Gauss

Campo E	Cargas	
0	1	Cargas
1	0	Campo Eléctrico
1	1	Densidad de cargas
0	0	Divergencia

4. Segunda ecuación de Maxwell: Ley de Gauss para el campo magnético

Si se aplica la ley de Gauss para el campo magnético se encuentra que la divergencia es nula:

$$\nabla \circ \vec{B} = 0 \qquad (2)$$

Donde:
B: Campo Magnético.

Esto indica que el campo magnético no diverge, es decir que sus líneas de campo no tienen comienzo ni fin, son líneas cerradas.

Desde el punto de vista de la lógica transcursiva la primera ecuación de Maxwell nos dice "como es" el campo eléctrico; la segunda ecuación es opuesta a la primera y nos dice "como no es" el campo magnético.

La divergencia del campo eléctrico se tiene fuente, carga positiva, y un sumidero, carga negativa; fuente y sumidero pueden existir una independientemente de la otra.

La forma integral de la ley de Gauss, ecuación (3), muestra que el flujo eléctrico a través de una superficie cerrada *S* es directamente proporcional a la carga neta encerrada por dicha superficie. Dentro de *S* podrían existir más cargas de una polaridad que de otra, o simplemente

cargas con un único signo, lo importante para determinar el valor del flujo es el balance entre cargas:

$$\oint_s \vec{E}.\overrightarrow{ds} = \frac{Q_{neta_enc}}{\varepsilon_0} \quad (3)$$

Donde:
E: Campo Eléctrico
ε_0: Permitividad del vacío
Q_{neta_enc}: balance de cargas.

Volviendo a la forma diferencial de la ley de Gauss es posible ver que el campo magnético siempre tiene divergencia nula. Sus líneas de campo son cerradas, es posible afirmar que no se admite la presencia de monopolos magnéticos aislados.

La primera y segunda ley de Maxwell referencian a campos estacionarios, en los cuales no hay variación de los campos involucrados, tanto campo eléctrico como magnético son estacionarios.

5. Tercera ecuación de Maxwell: Ley de Faraday

En 1831 y luego de varias experiencias Faraday demostró que si se tienen dos circuitos separados, a los que se denominan primario y secundario, la circulación de una corriente estacionaria por el circuito primario no producía ningún efecto sobre el circuito secundario.

También observó que sí se producían efectos en el secundario en los instantes de cierre y apertura del circuito primario; el resultado de estas observaciones quedó registrado en su diario así:

Cargamos una batería de 10 pares de placas de 4 pulgadas cuadradas. Se enrolló sobre el lado B una espiral y se conectaron sus extremos por un alambre de cobre que pasa a cierta distancia y precisamente sobre una aguja magnética (a 3 pies del anillo de hierro). Entonces conectamos los extremos de una de las piezas del lado A con la batería; inmediatamente se nota un efecto en la aguja. Esta oscila y se sitúa al fin en su posición original. Interrumpiendo la conexión del lado A con la batería, otra vez una perturbación en la aguja. (Gamow, 1987)

Además, realizó experiencias similares con imanes permanentes y bobinas; el resultado de sus experiencias se puede resumir en la siguiente expresión:

$$fem = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (4)$$

Donde:
fem: Fuerza electromotriz inducida en el secundario.

dϕB/dt: variación del flujo magnético en el tiempo.

Por otra parte, si se analiza la variación de energía potencial de una partícula cargada que se desplaza en un campo eléctrico se determina que la misma es cero cuando los extremos de la trayectoria coinciden.

Además, como el potencial se define como la variación de energía potencial por unidad de carga (5), si el principio y fin de la trayectoria coinciden, este también es nulo. Esto puede comprobarse a partir de (7) considerando una carga que se mueve en una trayectoria cerrada para la cual los extremos de integración con los mismos.

$$V_{ba} = \frac{U_b - U_a}{q} \qquad (5)$$

$$U_b - U_a = -\int_a^b \vec{F} \bullet \overrightarrow{dl} \qquad (6)$$

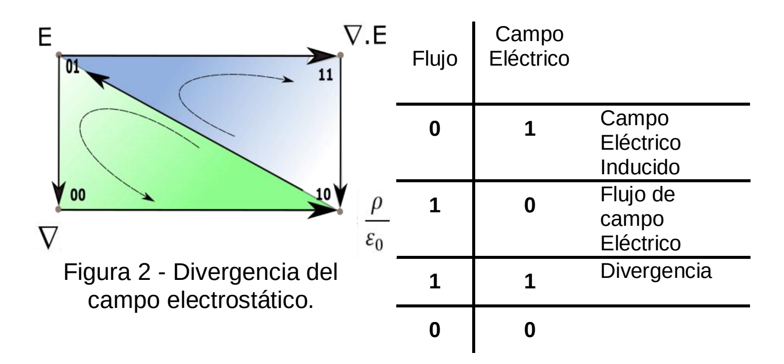
$$V_{ba} = -\int_a^b \vec{E} \bullet \overrightarrow{dl} \qquad (7)$$

Por otra parte, las experiencias que llevó a cabo Faraday indican que cuando un flujo variable en el tiempo atraviesa una espira cerrada por la misma circula una corriente.

Pero, si en el secundario hay una corriente es porque en el mismo hay cargas en movimiento y por lo tanto hay una variación de cargas en el tiempo (*dq/dt≠0),* y esto solo es posible si existe un campo eléctrico que ejerza una fuerza sobre las mismas obligándolas a desplazarse, y si existe un campo eléctrico hay una diferencia de potencial y si hay una diferencia de potencial la variación de energía potencial no es nula.

Es decir que, estamos en presencia de un campo eléctrico cuya circulación no es nula, dicho de otra forma tiene divergencia nula. Esto es una contradicción a lo que expresa la primera ecuación de Maxwell ya que este tipo de campo eléctrico, al que llamaremos inducido, se comportaría en forma análoga a un campo magnético, generando líneas de campo cerradas.

Al campo eléctrico lo representamos por medio de la Figura 1 pero si tomamos la ley de Gauss se puede representar de la siguiente forma:

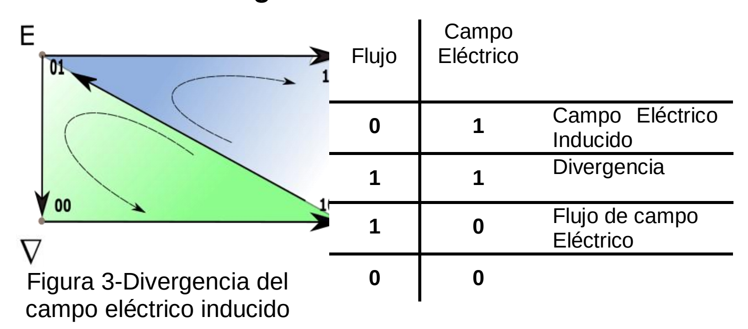


Flujo	Campo Eléctrico	
0	**1**	Campo Eléctrico Inducido
1	**0**	Flujo de campo Eléctrico
1	**1**	Divergencia
0	**0**	

Figura 2 - Divergencia del campo electrostático.

Este patrón autónomo universal no representa adecuadamente al campo eléctrico resultante de una fem inducida, ya que el elemento de la esquina superior derecha (11) debería ser cero.

Entonces se debería cambiar la representación por la que se muestra en la **Figura 3**:



Flujo	Campo Eléctrico	
0	**1**	Campo Eléctrico Inducido
1	**1**	Divergencia
1	**0**	Flujo de campo Eléctrico
0	**0**	

Figura 3-Divergencia del campo eléctrico inducido

Entonces, se debería admitir que el campo eléctrico tiene simultáneamente divergencia nula y no nula, o bien que es a la vez un campo conservativo y no conservativo por cumplirse a la vez:

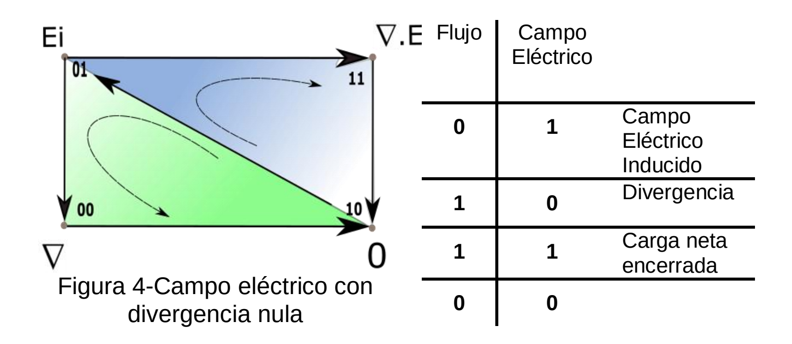
$$\nabla \circ \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad \text{y} \quad \nabla \circ \vec{E} = 0$$

Si esto se admite la representación por medio de un patrón autónomo universal generaría una inconsistencia porque la misma operación sobre el mismo sujeto daría como resultado dos objetos distintos, contradiciendo además a la teoría de grupos. Entonces, no cabe otra posibilidad más que admitir que existen dos tipos de campo eléctrico, uno originado por cargas estáticas (electrostático) y otro originado por cargas en movimiento (inducido o electrodinámico).

Para el campo electrostático, se cumplen las leyes de los campos conservativos mientras que para el campo eléctrico inducido en el segundo caso no se cumplen estas leyes. La notación adoptada para estos campos es *E* y *Ei* respectivamente. Con esta salvedad ahora es posible representar al campo inducido por el patrón autónomo universal de la Figura 4.

Este patrón autónomo universal pone en evidencia que la divergencia del campo eléctrico inducido E_i es nula, indicando que la diferencia entre el flujo entrante y flujo saliente por una superficie es cero.

Este tipo de campo tiene líneas de campo cerradas, divergencia nula, y por lo tanto es rotacional y no conservativo. La siguiente figura, tomada de Fleisch (2008), muestra cómo son las líneas de campo.



Flujo	Campo Eléctrico	
0	1	Campo Eléctrico Inducido
1	0	Divergencia
1	1	Carga neta encerrada
0	0	

Figura 4-Campo eléctrico con divergencia nula

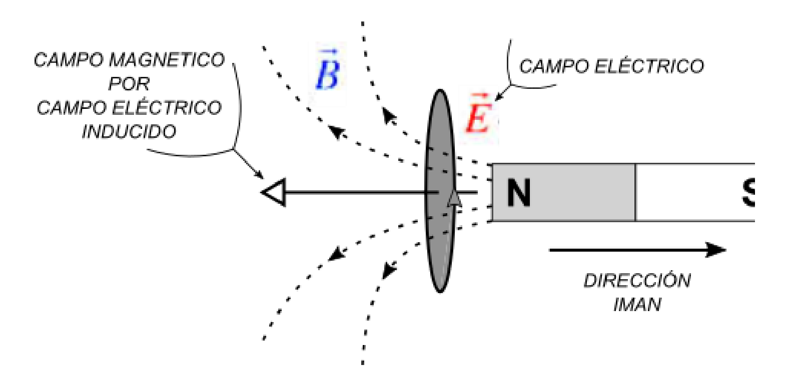


Figura 5 Campo eléctrico inducido (Adaptada de Fleish 2008)

Finalmente, considerando la ecuación (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) la ley de Faraday se puede expresar como se indica en (!**Marcador no definido, SIETE**):

$$\oint_c \vec{E} \bullet \overrightarrow{dl} = fem = \oint_s \frac{\overrightarrow{\partial B}}{\partial t} \bullet \overrightarrow{ds} = -\frac{\partial \phi_B}{\partial t}$$ (**!Marcador no definido, SIETE**)

Por otra parte, el teorema de Stokes indica que la circulación de un campo vectorial *A* sobre una curva cerrada *C* es igual a la integral de la componente normal del rotacional de dicho campo sobre una superficie *S* para la cual *C* es su contorno (9) (Fleish, 2008).

$$\oint_s \vec{\nabla} \times \vec{A}\, ds = \oint_c \vec{A} \bullet \overrightarrow{dl} \qquad (9)$$

Aplicando este teorema al campo eléctrico inducido es posible escribir a partir de (!**Marcador no definido, SIETE**) y (9) que:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t} \qquad (10)$$

El signo menos en la expresión (10) deriva de la ley conocida como ley de Lenz indicando que el campo eléctrico inducido rota de forma tal que tiende a oponerse a la variación del campo magnético que lo produce.

Ahora podemos representar a la ley de inducción de Faraday por medio de la Figura en la que se puede apreciar las relaciones de interdependencia entre niveles o subsistemas diferentes en los cuales se desarrollan procesos distintos en forma simultánea o heterárquica (Salatino, 2017).

La relación heterárquica entre los patrones autónomos universales se da a nivel profundo hace que todos los

patrones autónomos universales funcionen en forma sincronizada, cumpliendo con las relaciones de la Ley de Faraday experimental (Huray, 2010, p.).

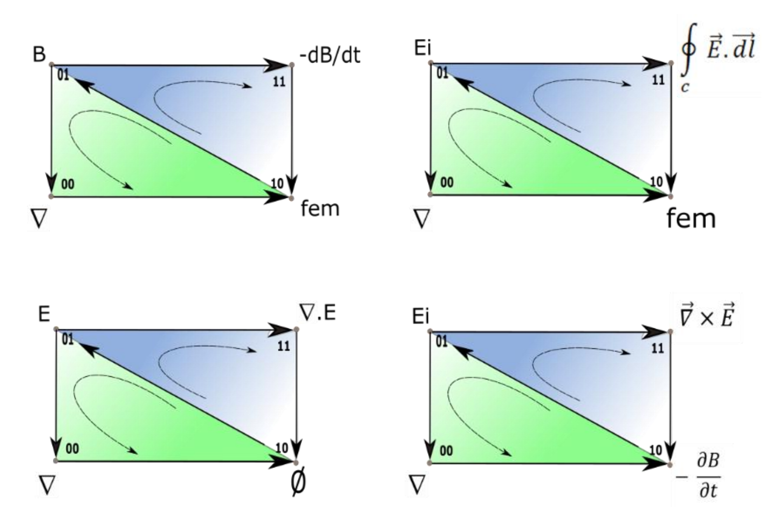


Figura 6-Representación de ley de Faraday por medio de heterarquía.

En la heterarquía mostrada en Figura se visualiza claramente la relación que existe entre el campo eléctrico y el campo magnético, relación que buscó afanosamente Oersted siguiendo su convicción metafísica acerca de la unidad de todas las fuerzas de la Naturaleza, que él deducía de los "Filósofos de la Naturaleza" alemanes, en particular de Friedrich Schelling. (Belendez, 2008).

La relación entre el campo eléctrico y el campo magnético queda plasmada en la tercera ley de Maxwell, mostrada en sus formas integral y diferencial en las Figura y Figura :

La tercera ecuación de Maxwell ya no es estática sino que indica la relación entre el campo eléctrico y un campo magnético variable en el tiempo.

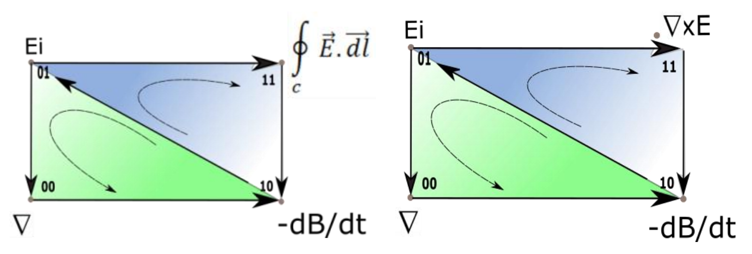


Figura 7-3ra ley de Maxwell forma integral

Figura 8-3ra ley de Maxwell forma diferencial

Se podría intentar una representación de estas tres ecuaciones por medio de un patrón autónomo universal, pero esta sería incompleta porque falta uno de los elementos, el *00* que es la relación inversa a las del vértice *11*:

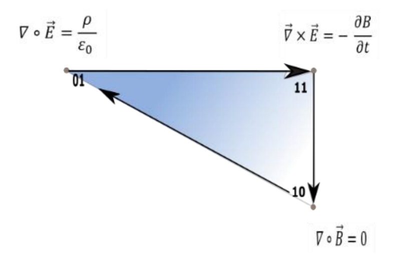


Figura 9 - Patrón autónomo universal incompleto para leyes de Maxwell

6. Cuarta ecuación de Maxwell: Ley de Ampere-Maxwell

La segunda ecuación de Maxwell, o ley de Gauss para el magnetismo, no es útil para calcular el campo magnético de de distribuciones regulares de corriente porque su resultado es siempre cero. Sería deseable tener algún método o expresión similar a la ley de Gauss que permita simplificar el cálculo.

La solución al problema se encuentra en la ley de Ampere (11) en la cual está expresada la vinculación que hay entre el campo magnético con la corriente neta encerrada por una superficie:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 J \qquad (11)$$

Además de solucionar el problema del cálculo del campo magnético esta ecuación, al evidenciar la relación entre el campo magnético y la corriente, resulta ser el vértice faltante en la Figura . Este vértice, el *00*, es el opuesto y complementario al vértice *11*.

Entonces, las 4 ecuaciones de Maxwell serían:

$$\nabla \circ \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \qquad (12.a)$$

$$\nabla \circ \vec{B} = 0 \qquad (12.b)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t} \qquad (12.c)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 J \qquad (12.d)$$

Fitzpatrick (2008) menciona que uno de los primeros logros de Maxwell fue admitir que las leyes de Gauss, Ampere y Faraday, que estaban escritas en forma integral, se podían expresar como un conjunto de

ecuaciones diferenciales de primer orden. Escribió las ecuaciones en forma de componentes porque el desarrollo de la notación vectorial moderna no se utilizó sino hasta finales de la primera guerra mundial.

Las dos primeras ecuaciones son independientes del tiempo, y remiten a campo eléctrico generado por cargas estáticas y a campo magnético generado por corrientes estacionarias. Estos campos son llamados electrostático y magnetostático, respectivamente. Las otras dos ecuaciones, que representan a la ley de Faraday y de Ampere respectivamente, son dependientes del tiempo. Maxwell las analizó y produjo su segundo gran logro: admitir que estas ecuaciones no eran correctas.

Puede observarse en las ecuaciones dependientes del tiempo que la variación de campo magnético genera un campo eléctrico inducido. Sin embargo, ninguna de las ecuaciones indica que se pueda generar campo magnético a partir de una variación del campo eléctrico. (Fitzpatrick, 2008).

La última ecuación es la ley de Ampere (12.d) que puede escribirse en su forma integral así:

$$\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \mu_0 J \qquad (13)$$

De la misma se desprende que la circulación del campo magnético alrededor de un camino cerrado es función de la densidad de flujo de corriente que pasa a través de ese bucle.

Pero esta densidad de flujo no depende de C sino de S. Para que dependa de C, y si esto es así se debería cumplir que $\nabla j=0$, indicando que el campo es no-rotacional (divergencia nula). Si la densidad de flujo indica

la cantidad de materia que sale de una superficie, y en este caso esa cantidad de materia son cargas en movimiento, entonces por el principio de conservación de la carga hay una disminución de la misma en el volumen encerrado por S y:

$$\oint J\, ds = \frac{\partial}{\partial t}\int_V \rho\, dV \qquad (14)$$

Que expresado en notación diferencial es:

$$\nabla \circ j = -\frac{\partial \rho}{\partial t} \qquad (15)$$

Comparando resulta que ∇ j = 0 solo es posible si se está en un estado estacionario respecto de la corriente.

Maxwell analizó este problema considerando la corriente en un capacitor en carga (o descarga) t tomando para este análisis dos superficies limitadas por un lazo cerrado, tales como las que se muestran en la siguiente figura:

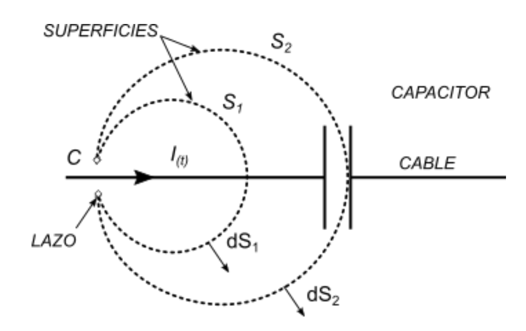


Figura 10 Ley de Ampère
(Adaptada de Fleish 2008)

En este caso la corriente no es estable puesto que varía en el tiempo en forma exponencial y por lo tanto la densidad de flujo de corriente no es cero.

Esto se puede ver claramente si se analiza la superficie cerrada S_1, que contiene o corta solo al conductor unido a la placa izquierda del capacitor. Sin embargo, la superficie S_2 no corta al conductor sino que se cierra en el espacio que hay entre las placas del capacitor y, en este caso resulta que el flujo de la densidad de corriente es nulo. Pero resulta que ambas superficies S_1 y S_2 están unidas al mismo camino cerrado C y la ecuación (16) debería ser nula y no nula al mismo tiempo.

$$\oint_C \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \mu_0 \int_S j\, ds \qquad (16)$$

Si se pretendiera representar esto mediante un patrón autónomo universal se llegaría a la misma situación del campo eléctrico inducido que se mencionó en el apartado Ley de Faraday, generando un patrón autónomo universal incongruente y se debería desechar la ley de Ampere.

En lugar de esto Maxwell observó que entre las placas del capacitor, y durante la carga o descarga del mismo, hay un campo eléctrico variable y reescribió la ley de Ampere (12.d) agregando un término que contemplara al campo variable, que representa a una corriente llamada corriente de desplazamiento. La ecuación escrita en forma

diferencial con el agregado de la corriente de desplazamiento es:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0(J + J_d) \qquad (17)$$

Dado que J_d es una corriente de desplazamiento, provocada por un campo eléctrico variable, es posible reescribir (17) en función de este campo variable, obteniéndose la ecuación (18).

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 J + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \qquad (1816)$$

Ahora ha quedado evidenciada la dependencia del campo magnético del campo eléctrico, y se puede completar el patrón autónomo universal cíclico (Salatino, 2017) de la Figura 11.

En este patrón quedan representadas las cuatro ecuaciones y sus relaciones, colocando en los nodos *01* y *10* las componentes estáticas, que no varían en el tiempo, y que son opuestas. En los nodos *11* y *00* se muestran las componentes variables en el tiempo, y en el nodo *00* aparece por primera vez la velocidad de la luz en el producto $\mu_0\varepsilon_0 = 1/c^2$.

Además, el nodo *11* representa al nivel superficial del electromagnetismo, ya que el campo eléctrico se puede medir, en tanto que en el nodo *00* se encuentra la componente no evidente en la cual, como ya se mencionó, está disimulada la velocidad de la luz.

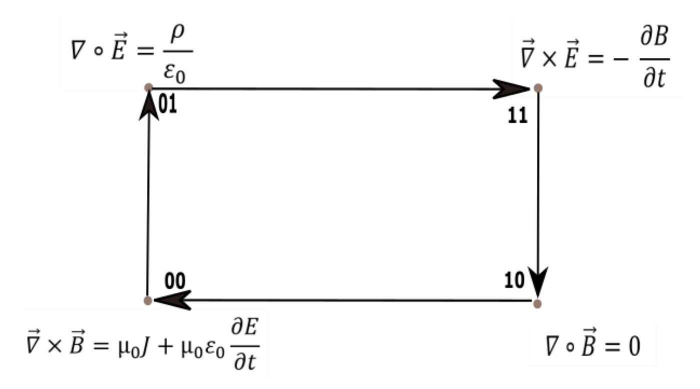


Figura 5-Patrón cíclico de las leyes de Maxwell

Conclusión.

La lógica transcursiva, por medio de los patrones autónomos universales, es una herramienta útil para analizar y representar no solo fenómenos sociales, para los cuales fue creada, sino también para aquellos que forman parte de la física.

Además, como se muestra en el apartado sobre la ley de Faraday y las ecuaciones de Maxwell puede ser utilizada para detectar ambigüedades, incoherencias o incompletitud en teorías científicas.

Si bien no se aborda en este documento el tema de la educación, esta herramienta también se podría utilizar para generar mapas conceptuales que pongan en evidencia relaciones superficiales y profundas entre elementos que componen un concepto.

El patrón autónomo universal cíclico, propuesto por Salatino es especialmente útil para mostrar casos en los que pudiera existir algún tipo de relación funcional cíclica entre los componentes, como es el caso de la

exponenciación y el logaritmo (Salatino, 2017) y el del campo eléctrico y magnético.

Finalmente y debido a la complejidad de la tarea, no se ha abordado en este documento la relación entre onda electromagnética, velocidad de la luz y teoría de la relatividad. Queda así abierta la posibilidad de una extensión del análisis utilizando lógica transcursiva de la teoría y elementos mencionados precedentemente.



Bibliografía

Belendez, A. (2008). La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la síıntesis electromagnética de Maxwell. Revista Brasileira de Ensino de Física, 30, 2601–1 – 2601–20. Retrieved from www.sbfisica.org.br

Fitzpatrick, R. (2008). Maxwell’s equations and the principles of electromagnetism. Hingham, Mass: Infinity Science Press.

Fleisch, D. A. (2008). A student’s guide to Maxwell’s equations. Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press.

Gamow, G. (1987). *Biografía de la física*. Barcelona: Salvat.

Huray, P. G. (2010). Maxwell’s equations. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons, Inc.

Piaget, J. (1999). *El estructuralismo* (Reimpresión 1999). México, D.F.: Publicaciones Cruz O. : Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Publicaciones.

Salatino, D. R. (2017). *Tratado de lógica transcursiva : origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva*. Godoy Cruz, Mendoza.

--◊--

12. Fallo de implantación

Alberto E. Tersoglio[42], Dante R. Salatino[43]

Resumen: El propósito de este trabajo es mostrar la utilidad de la aplicación de una argumentación científica alternativa basada en la Lógica Transcursiva en un estudio realizado en una ciencia natural como es la Medicina. La metodología auxiliar se aplicó para determinar el rol de un tratamiento endometrial polivalente en pacientes que padecían de 'fallo repetido de implantación' en un programa de ovodonación. Secundariamente, para analizar los cambios de la población leucocitaria endometrial. Por otro lado, se plantea una forma de sistematizar el proceso de implantación embrionaria y de abordar, científicamente, el fallo repetido de implantación a través de la adducción. Se plantea la dinámica de todo el proceso biológico natural y alterado y se evalúan los resultados empíricos, más allá de los hallazgos estadísticos.

Palabras claves: Fertilización in vitro, Fallo repetido de implantación, Metodología de la investigación, Lógica Transcursiva.

1. Introducción

En este trabajo abordaremos un aspecto importante de la salud reproductiva, como es la infertilidad que afecta al 15% de las parejas y en donde el 40% de los casos responde a un factor femenino exclusivo. Analizaremos la infertilidad provocada por el fallo de implantación reiterado que no solo puede evitar que se consiga un embarazo natural viable, sino que hace fracasar los métodos de reproducción asistida.

---

42 Centro Internacional de Reproducción Asistida, Mendoza.

43 Instituto de Filosofía, FFL, UNCuyo.

Antes daremos algunos detalles sobre la gestación normal, especialmente lo relacionado al aspecto inmunitario. El sistema inmunitario, inmune o inmunológico es un conjunto de estructuras y procesos biológicos innatos que ayudan a un organismo a mantener el equilibrio interno, adaptándose a las agresiones externas y combatiendo las internas.

La respuesta innata se produce cuando un agente extraño o una señal de alerta es identificada por los ‘receptores de reconocimiento de patrones’ (Medzhitov, 2007). Las defensas del sistema innato no son específicas, y aunque es el sistema dominante de protección en la mayoría de los organismos, no confiere inmunidad (protección) duradera.

El reconocimiento inmunológico y la señalización entre células del sistema inmunitario está a cargo de un complejo molecular llamado ‘antígeno leucocitario humano’ (HLA). Las formas en que es transmitido de padres a hijos constituyen un sistema denominado ‘complejo de histocompatibilidad’, utilizado para distinguir lo propio de lo ajeno.

Dado que el embrión presenta una diferencia del 50% en su capacidad de modificar el comportamiento inmunológico relacionada con el HLA de la madre gestante, ya que ésta solo reconoce la mitad de los tejidos embrionarios, sería posible la presencia de una reacción inmunológica específica de rechazo, con la muerte y expulsión del embrión. Sin embargo, esto habitualmente no ocurre, porque la madre desarrolla cierta tolerancia inmune hacia el producto de la gestación. Esta tolerancia es consecuencia de la producción de ciertos factores inmunosupresores (sustancias que evitan el rechazo de los tejidos extraños) que actúan a nivel del útero.

Siguiendo la propuesta hecha por la LT, planteamos un escenario posible en donde puede darse la anidación del embrión en el útero. (Figura 1)

El endometrio[44] y el blastocisto[45], desde el punto de vista inmunitario, son parcialmente incompatibles por tener, el segundo, algunos componentes extraños para la madre (los aportados por el padre). Por lo tanto, debería ser expulsado.

La situación de embarazo nos dice que, de alguna forma, se llegó a un 'desequilibrio estable' que permitió el implante y su evolución en el tiempo.

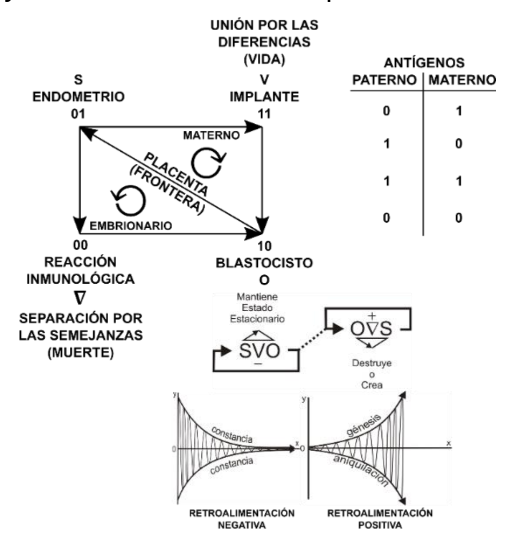


Fig. 1 *PAU DE LA IMPLANTACIÓN*

---

44 Es la mucosa que recubre el interior del útero, cuya función es la de alojar el blastocisto. (Nota de los Autores)

45 Es un embrión de 5 o 6 días de desarrollo que presenta una estructura celular compleja formada por aproximadamente 200 células. Representa la fase de desarrollo previo a la implantación del embrión en el útero materno. (Nota de los Autores)

Si analizamos los códigos de la Figura 1 vemos que la presencia de antígenos paternos y maternos definen la situación en que se encuentra cada uno de los elementos fundamentales que intervienen en la implantación. Así, el endometrio está caracterizado, únicamente, por los antígenos maternos. El blastocisto está representado por los antígenos paternos. El implante, en sí mismo, está determinado por la confluencia relacional de los dos anteriores. En cambio, la reacción inmunológica que puede perjudicar al embrión no depende del aporte genético de ninguno de los padres, sino de la liberación o no de sustancias inmunosupresoras a nivel del útero.

El implante del embrión se lleva a cabo si se logra una tolerancia a las diferencias materno-fetales que hemos mencionado. Reiterados ciclos superficiales (dextrógiros) dados por las relaciones entre el endometrio y el blastocisto permiten el desarrollo de la anidación y de la placenta. Su mecanismo fundamental es la retroalimentación negativa (corrección de errores), que como muestra el esquema anterior, tiende a un estado estacionario.

Cuando esas diferencias, acumuladas, alcanzan un determinado umbral se pone en funcionamiento el aparato inmunitario materno que tiende a eliminar el ‘objeto extraño’ que representa el embrión implantado. Para el blastocisto surgen dos alternativas: a) o bien se adapta y aumenta su complejidad acorde a las nuevas exigencias (tolerancia de las semejanzas: útero y blastocito son tejidos orgánicos) ahora protegido por un inmunosupresor, o b) muere (es expulsado) por haberse logrado un equilibrio al no reconocer la madre (intolerancia de las semejanzas), ni siquiera sus propios antígenos, los que son considerados semejantes al agente invasor (antígenos paternos). Esto, al no ser

tolerado, lleva a la liberación del blastocisto, es decir, a la muerte por desprendimiento del embrión.

El mecanismo que activa todo el proceso relatado es la retroalimentación positiva, que como vemos en el esquema, permite o bien la creación (génesis) o el aniquilamiento (destrucción). Si el dilema del blastocisto se soluciona favorablemente, esto es, si los ciclos profundos (levógiros) dados entre el blastocisto y el endometrio mediante una reacción inmunológica, se resuelven por la morfogénesis[46], todo vuelve a comenzar. Se retoman los ciclos superficiales, pero ahora con un blastocisto más complejo que tiene cómo enfrentarse a los nuevos retos, incluso, a nuevos 'desafíos' inmunológicos.

Entre los nuevos órganos desarrollados está la placenta. Constituye el límite funcional que separa, pero a la vez une, lo considerado materno o propio (aquello integrado durante los ciclos superficiales), de lo considerado embrionario o extraño (lo incorporado en los ciclos profundos). Este órgano se comporta como una unidad activa de doble identidad, ya que simultáneamente significa distinción y pertenencia y por tanto, al mismo tiempo, apertura y cierre.

Un filtro que deja pasar pero a la vez frena. En ella concurren la unión y la separación. Desde lo funcional es un 'puente' entre la madre (lo superficial) y el embrión (lo profundo), ese que si la gestación sigue su curso se transformará en feto. Permite la existencia de una contextura o ámbito protegido ante las agresiones defensivas inmunitarias de la madre.

[46] Proceso por el cual se van desarrollando en el embrión órganos diferenciados a partir de estructuras indiferenciadas. (Nota de los Autores)

2. Material y método

Habiendo expuesto las circunstancias en las que se da la implantación, nos ocuparemos del fallo repetido de este mecanismo en la ovodonación[47]. En 2015 se estudiaron 75 pacientes con fallo de implantación repetida en ovodonación. (Tersoglio, Salatino et al, 2015.)

En ese trabajo se abordaron las condiciones que debía cumplir un endometrio para que el implante fuera exitoso, ya que para los investigadores el factor más importante en estas pacientes era la receptividad endometrial . Para aproximarse a dicho objetivo era preciso abstraerse de la calidad embrionaria (asumiéndose como óptima, según criterios internacionales) como único factor predictor de implantación y embarazo. Se consideraron como relevantes solo dos elementos: 1) la necesidad de un endometrio adecuado que posibilitara la implantación y 2) la disponibilidad terapéutica para corregir aquellos parámetros que menoscaban su calidad.

El escenario teórico en donde se enmarcó la investigación tiene que ver con los aspectos inmunológicos puestos en juego en el momento del implante.

La observación y análisis de las condiciones embrionarias para un implante exitoso solo aporta, según el criterio de los autores de este trabajo, una pequeña parte a la explicación de la falla implantatoria. Aseveración que tiene como asidero el derivar de una observación superficial y aparente, que rápidamente acredita la simple regla empírica ‘causa – efecto’ y permite formular ‘leyes

[47] Es un tratamiento de reproducción asistida en el que el gameto femenino es aportado por una mujer distinta de la que recibirá el embrión resultante. Los óvulos de la donante serán inseminados por los espermatozoides de la pareja de la receptora o de un donante para obtener embriones que luego serán transferidos al útero materno. Es el tratamiento de Medicina Reproductiva con la tasa más elevada de éxito. (Nota de los Autores)

objetivas' que puedan tener *a priori* alguna oportunidad de ser verdaderas.

La justificación del estudio estuvo en tratar de encontrar algún principio expresado en función de los mecanismos inmunológicos (ocultos) que permiten tener en cuenta un factor fundamental en la ecuación implantatoria: el endometrio.

Con todo lo considerado se elaboró como hipótesis central la posibilidad de incrementar los resultados exitosos en ovodonación si se corrigen, mediante terapéutica específica, las alteraciones detectadas en el endometrio.

Como hipótesis secundaria se propone al endometrio como el factor más importante a tener en cuenta en un implante exitoso.

El objetivo principal del trabajo fue analizar en una población que presentaba 'fallo repetido de implantación' (FRI), los cambios morfológicos y funcionales a través de un estudio de la población linfocitaria[48] endometrial. Esto se hizo antes y después de instaurar un tratamiento específico. Se cotejaron los resultados en aquellos casos donde se obtuvo un embarazo clínico que culminó con un nacido vivo.

Como objetivo secundario de esta investigación estuvo la posibilidad de establecer un conjunto de técnicas necesarias para realizar un correcto diagnóstico de situación y poder instaurar un tratamiento acorde para corregir posibles alteraciones.

Si en este trabajo se hubiera adherido, solamente, al método hipotético-deductivo, podríamos decir que fue un

---

[48] Los linfocitos son glóbulos blancos que intervienen activamente en la reacción inmunológica. (Nota de los Autores)

estudio de casos y controles, ambispectivo, cuasi-experimental. Sin embargo, como se utilizó como adyuvante el método abductivo, podemos decir que es un estudio de control prospectivo basado en un modelo.

El método abductivo (creado por Peirce (1878), ampliado por Samaja (1999) y completado por Salatino (2009) quien lo llamó *adducción*) es el indicado cuando en una investigación se parte desde los resultados, como en el caso que nos ocupa, y el interés del estudio está centrado en un elemento particular del sistema que se está analizando. Aquí, ese elemento es el endometrio.

Desde los métodos tradicionales no hay manera de aislar un aspecto para analizar su comportamiento, sin que se altere todo el sistema y deje de responder a las reglas ya establecidas y aceptadas para su funcionamiento.

Desde la abducción, la reacción inmunitaria que se da en el endometrio, fue transformada en un 'modelo oculto'. De ese modelo necesitamos averiguar algunos hechos desconocidos de su comportamiento, partiendo de hechos conocidos (los resultados).

El propósito fundamental del trabajo, entonces, fue estudiar el comportamiento del endometrio en casos de FRI en ovodonación, habiendo descartado toda alteración intra y extrauterina que pudiera ser causa de FRI o de abortos espontáneos.

Para asegurar lo anterior se realizó una selección muy estricta de las pacientes, las que llegan así a conformar una población homogénea. Esta población seleccionada es comparada contra un grupo control. Dicho grupo no es elegido mediante método inductivo alguno, sino de acuerdo a un modelo teórico de normo-función corroborado por toma biopsia y análisis bacteriológico hechos a las donantes.

‘Aislar’ el endometrio significa, aquí, que se han excluido todas las patologías que implican embarazos fallidos. Pero además, aquellos casos en que a pesar que el material transferido (embriones) era de primera calidad, según estándares internacionales, persistió el FRI.

No fueron descartados los cuadros de endometritis (80%), los que luego de tratamiento específico y normalización de los parámetros alterados, fueron incluidos y sometidos a transferencia embrionaria.

A modo de resumen, los esquemas siguientes (Figura 2) nos dicen sobre los detalles del método auxiliar empleado en esta investigación.

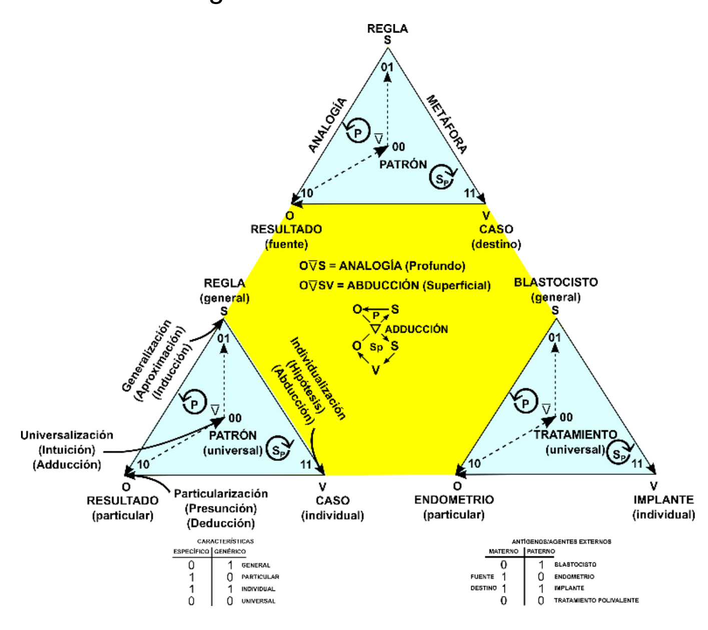


Fig. 2 *PAU^S METODOLÓGICOS*

El triángulo (amarillo) del esquema compuesto por triángulos en sus vértices pretende determinar la integración metodológica utilizada en la investigación analizada.

Este PAU genérico plantea como regla: “La reacción inmune evidenciada por un incremento de los linfocitos NK[49] conduce a FRI”. Los resultados pretratamiento arrojan un incremento de una sub-población leucocitaria. El caso nos dice que estas células pueden ser NKe (endometriales); por lo tanto, la falla en el ‘implante’, habiendo descartado otras causas, depende de la reacción inmunológica producida en el endometrio.

El triángulo (celeste) superior nos habla del enfoque abductivo (Salatino, 2009) cuyos códigos surgen de la tabla de asignaciones inferior izquierda; esto es, la regla (01) pertenece a lo general, el resultado (10) se refiere a lo particular, el caso (11) responde a lo individual, mientras que el patrón (00) es lo universal implícito en lo particular.

El triángulo (celeste) inferior izquierdo muestra la integración de todas las modalidades de argumentación científica que se han tenido en cuenta en el trabajo de investigación, cuyos códigos responden a la misma tabla de asignaciones anterior. Además, indica los fenómenos de generalización, individualización, particularización y universalización asociados a los procesos de aproximación de la inducción, hipótesis de la abducción, presunción de la deducción e intuición de la adducción[50] (abducción de Salatino), respectivamente.

---

[49] NK (Natural Killer) son los linfocitos responsables de los rechazos inmunológicos que pueden producir un FRI.
[50] Adducción es lo opuesto a abducción, es decir, aproximar.

La abducción de Pierce nos dice sobre la separación entre lo conocido y lo desconocido. La adducción de Salatino se refiere a la aproximación hasta la simultaneidad de estos dos aspectos en un hecho, fenómeno o proceso cualquiera.

Por último, el triángulo (celeste) inferior derecho plantea el modelo final empleado en la investigación, que procura una proyección de la praxis sobre la teoría mediante aproximaciones sucesivas. La tabla de asignaciones basada en el aporte antigénico de los padres, individualiza con un código los elementos que participan en este modelo: el blastocisto (01) lo general que depende del padre, el endometrio (10) lo particular que depende de la madre, el implante (11) lo individual dependiente de ambos padres y lo universal (00) que no depende de ninguno de ellos, sino del médico interviniente.

3. Hallazgos y discusión

El esquema discutido anteriormente, además de aportar aspectos metodológicos, sirve como 'herramienta' para 'encontrar la hipótesis que fuimos a buscar; o sea, el tratamiento que corrija las alteraciones halladas. Luego del tratamiento, se vuelve a utilizar para realizar la constatación empírica (el logro de embarazos y nacidos vivos) que justifica, plenamente, esta forma de argumentación científica. Cuando hablamos de hipótesis nos estamos refiriendo a lo que utilizaremos como guía para establecer un tratamiento que corrija las alteraciones endometriales.

Evidentemente, el aporte del método auxiliar aquí empleado es solo epistemológico. Su único propósito es aproximarnos a la realidad objetiva (la falla implantatoria) a través de un conjunto de variables conocidas con el fin

de investigar la existencia de alguna variable desconocida u oculta que puede ser responsable de los resultados. (Salatino, 2017, p. 273)

Como una consecuencia de este tipo de análisis de un sistema, se puede obtener un modelo que tenga en cuenta ciertos niveles de abstracción de acuerdo al propósito del sistema estudiado. (Floridi, 2008). Siguiendo estrictamente el esquema propuesto por Floridi, se elabora un PAU según la disposición de los elementos fundamentales que sugiere la Lógica Transcursiva. (Figura 3)

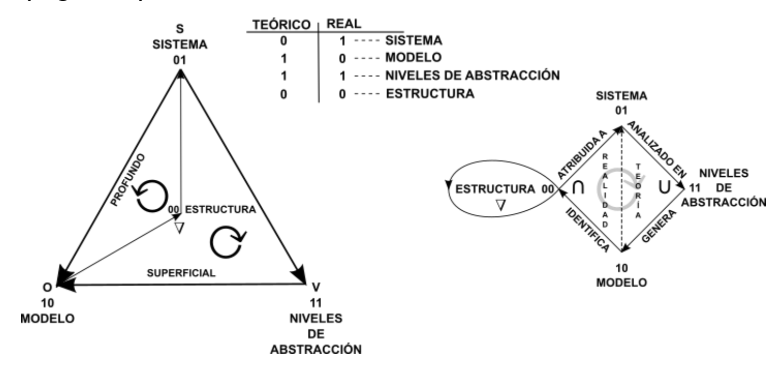


Fig. 3 *PAU DE LOS NIVELES DE ABSTRACCIÓN*

Como muestra la Figura 3, un sistema analizado según distintos niveles de abstracción genera un modelo (basado en cierta teoría). La implementación de este modelo permite identificar una estructura que si lo corroborara, puede asignársele al sistema. Este modelo es el que se propone en la Figura 2.

El estudio de Tersoglio & Salatino et al. (2015), guiado por la elaboración previa mostró, entre otras cosas, que el tratamiento polivalente instaurado en el grupo con nacidos vivos, disminuyó significativamente la cantidad de

linfocitos y NKe en los controles. De esta manera se logró demostrar la reversibilidad de los cambios histológicos, tanto ecográficos como inmunológicos mediante un tratamiento adecuado en el grupo FRI, al ser capaz de modificar el estado inmunológico del endometrio y obtener así, una tasa de nacidos vivos similar a la normal.

4. Conclusión

Los hallazgos demostraron la reversibilidad de los cambios histológicos endometriales, tanto en el estudio ecográfico como inmunológico en un grupo con FRI que fue sometido a un tratamiento polivalente. Dicho tratamiento fue capaz de modificar lo suficiente la inmunología y la histología endometrial como para obtener una tasa significativa de nacidos vivos.

Los resultados anteriores fueron doblemente corroborados, por un lado, desde los métodos estadísticos utilizados habitualmente es estos estudios, y por otro lado, mediante el 'aislamiento' del objeto de estudio que fue posibilitado al invocar los principios metodológicos que aporta la Lógica Transcursiva.

Es importante destacar que este trabajo de investigación fue el primero en ser aprobado en una revisión por pares, en una ciencia natural, y en donde se aplicó el método sugerido por la LT. Esto, indirectamente, avala que esta metodología aplicada originalmente en lingüística, constituye un método científico legítimo para abordar tanto temas humanísticos o de aquellos campos de estudio que pertenezcan a las ciencias sociales, como para auxiliar el método hipotético-deductivo propio de las ciencias naturales.

Referencias:

Floridi, L. (2008). *The Method of Levels of Abstracción*. Minds and Machines, Volume 18, Nº 3, pp. 303-329.

Medzhitov, R. (2007). *Recognition of microorganisms and activation of the immune response*. Nature, 449, pp. 819-826.

Peirce, Ch. S. *The Collected Papers*. Vols. I-VI ed. Charles Hartshorne and Paul Weiss (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1931-1935), Vols. VII-VIII ed. Arthur W. Burks (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1958)

Salatino, D. R. (2009). *Semiótica de los sistemas reales* – Tesis Doctoral en Letras – Facultad de Filosofía y Letras – Universidad Nacional de Cuyo - Mendoza, Argentina.

Salatino, D. R. (2017). *Tratado de Lógica Transcursiva. Origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva*. Mendoza, Argentina, 1ª Autoedición. ISBN: 978-987-42-5099-5.

Samaja, J. (1999). *Epistemología y Metodología – Elementos para una teoría de la investigación científica*. Buenos Aires, Eudeba.

Tersoglio, A. E.; Salatino, D. R.; et al. (2015). *Repeated implantation failure in oocyte donation. What to do to improve the endometrial receptivity?* – JBRA Assist. Reprod. – V.19, Nº 2, pp. 44-52.

***

13. Cuasi-tautologías: el caso de la polilla del abedul

Guillermo Cuadrado[51]; Dante Salatino [52]

Resumen: El propósito de este trabajo fue analizar los enunciados cuasi-tautológicos, los que aportarían escasa información sobre la realidad y por ello serían difíciles de refutar. El método usado fue analizar el problema de la polilla del abedul: 1) comparando dos posiciones epistemológicas y 2) indagando con un patrón funcional de la lógica transcursiva. Se encontró que las cuasi-tautologías surgen al desvincular un enunciado del resto de su teoría. Además se halló que las deducciones de la posición epistemológica sistémica y la de la lógica transcursiva coinciden. Este último resultado habilita a la lógica transcursiva como un método potente de indagación de la realidad.

Palabras claves: cuasi-tautología, teoría, evolución, enunciado, lógica transcursiva

1. INTRODUCCIÓN

Hay autores, que afirman que en ciertas teorías empíricas hay expresiones difíciles de refutar por su escaso contenido empírico, y las califican de *cuasi-tautologías* o de *leyes cuasi-vacías o* de *generalizaciones simbólicas* o de *principios guía*. Esas expresiones se encontrarían en teorías como la selección natural de Darwin, la mecánica de Newton, el electromagnetismo o la mecánica cuántica, por indicar las más nombradas por la epistemología contemporánea.

La práctica señalada es compartida por autores de corrientes muy distintas como Ernst Mach del

51 Grupo IEMI, FRM UTN; FFyL, UNCuyo
52 FFyL, UNCuyo

empiriocriticismo en *Desarrollo Histórico-Critico de la Mecánica*, (1949, [1883]); Karl Popper del racionalismo crítico en *Conocimiento Objetivo* (1982 [1972]); Thomas Kuhn del historicismo en *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, (2004 [1962]); y la concepción semántica, en la versión estructuralista de C. Ulises Moulines en *Exploraciones metacientíficas*, (1982) y José Diez Calzada y C. U. Moulines en *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*, (1999).

Conviene recordar que una *tautología* literalmente, dice lo mismo dos veces. En sentido amplio son, o formas lógicas como 'llueve o no llueve', o definiciones como 'los solteros son aquellos que no están casados'. Las expresiones tautológicas no dicen nada de la realidad y por ello no son refutables (Popper: 1980, 292). En cambio los enunciados cuasi-tautológicos serían de difícil refutación por tener muy poco contenido empírico, por el hecho de que la información que aportan sobre la realidad es muy escasa. Precisamente ese sería el caso de 'la supervivencia del más apto' que aquí se trata, que es otro modo de nombrar la teoría de la selección natural de Darwin.

En cambio, los autores de este trabajo sostienen que el carácter cuasi tautológico de las expresiones mencionadas es una consecuencia de aislar las mismas del resto de la teoría a la que pertenecen. El sustento teórico de esta posición se encuentra en: las propiedades de la información; el carácter lingüístico y sistémico de las teorías que introdujo Hilbert; el holismo epistemológico de Duhem y Quine; y el análisis de la situación hecho con *lógica transcursiva.* Luego, para ejemplificar su punto de vista, presentan el caso de la polilla (mariposa nocturna) del abedul, señalado por Popper para la 'supervivencia del más apto'. Ese caso se eligió por la notoriedad que tiene el mismo en la epistemología contemporánea.

El objetivo de este trabajo es analizar las posiciones de Popper, Kuhn, Díez Calzada y Moulines que sostienen la existencia de las *cuasi-tautologías*. Luego, se demuestra que el caso seleccionado de la ‘supervivencia del más apto’ se vuelve refutable, si se aceptan los puntos de vista de Agazzi, Frege, Hilbert, Masuda, Duhem y Quine, y de la *Lógica Trascursiva* (Salatino, 2009). La contribución más destacada de este trabajo es mostrar que la *lógica transcursiva* tiene una potencia comparable a la del análisis lógico-lingüístico de la situación planteada.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este trabajo se caracterizan las posiciones que determinan la existencia de cuasi-tautologías y aquellas que no la admiten. Entre los defensores de su existencia se cuentan figuras notorias de diversas corrientes epistemológicas, como Mach, Popper, Kuhn, Moulines. Mientras que los autores sostienen que las cuasi tautologías surgen de aislar enunciados de su teoría y apoyan su posición en las ideas de Hilbert, Duhem, Quine, Masuda y en la lógica transcursiva. La confrontación de ambas posiciones se hace utilizando un caso de melanismo industrial

Las *cuasi-tautologí*as generan interrogantes como: ¿Cuál es su rol dentro de una teoría empírica? ¿Qué tipo de contenido informativo le proveen? Ciertos autores le asignan un rol relacionado con las prácticas de la comunidad de usuarios de la teoría. Así por ejemplo, para Mach son definiciones, Popper las considera elementos de la metafísica que orientan las investigaciones, como es el caso de la ‘supervivencia del más apto’. Kuhn y también los estructuralistas de la concepción semántica, Moulines y Diez Calzada, sostienen que se trata de esquemas, que sólo son refutables cuando se los aplica a un caso determinado donde adquieren una forma específica,

como ocurre con la segunda ley de Newton o la ley de Ohm, por ejemplo.

No cabe duda que en teorías que son expresadas matemáticamente, como la mecánica, la termodinámica, el electromagnetismo, por nombrar las más conocidas, las tautologías matemáticas y el contenido empírico de las mismas son complementarios. Además, cuando Popper (1991, p. 312) trata la refutación como criterio de demarcación, sostiene que la división entre metafísica y ciencia no es categórica y para enfrentar la transición entre ellas recurrió a los enunciado *cuasi tautológicos*, que serían de difícil refutación por su escaso contenido empírico.

La selección natural explica la evolución mediante 'la supervivencia del más apto'. La expresión fue acuñada por Herbert Spencer y afirma que: los animales que no se adaptan a su medio ambiente perecen, y los que sobreviven son aquellos que están bien adaptados.

Popper, en *Conocimiento Objetivo* (1982, p. 73, p. 223) sostuvo que esta fórmula era casi tautológica, dado que 'bien adaptado' equivalía a 'el que sobrevive', en consecuencia, de aplicar la sustitución correspondiente resulta 'sobreviven los que sobreviven', que es una trivialidad lógica y no una teoría empírica. Sin embargo, Popper (1995, pp. 256-258) en su conferencia "La selección natural y su estatus científico", pronunciada en 1977, en el Darwin College de Cambridge, se retractó y reconoció que su valoración previa era incorrecta y planteó que era un criterio metafísico para guiar las investigaciones científicas. La conferencia fue compilada por David Miller en *Popper Selections.* (1995 [1985]).

Otros autores como Kuhn (2004, pp. 280-282), Moulines (1982, pp. 88-98), Díez Calzada y Moulines (1997, p. 314)

hablan de *generalizaciones simbólicas*, *principios guías*, *cuasi-tautologías* o *leyes cuasi-vacías*, que consideradas aisladamente, funcionan como definiciones o como expresiones de un sistema matemático puro de uso compartido por los miembros de una comunidad científica. Son formalismos abstractos, expresiones vacías de significado o de aplicación empírica que pueden estar expresadas en forma simbólica, como la segunda ley de Newton o la ley de Ohm. También pueden estar enunciadas en lenguaje natural como "*la acción es igual a la reacción*" o "*la combinación química se produce según proporciones constantes de peso*". Éstas funcionan en parte como leyes, pero también como definiciones de algunos de los símbolos que muestran.

Frente a esas posiciones, los autores de este trabajo sostienen que la condición de *cuasi-tautología* proviene de la decisión de aislar un enunciado de su teoría para analizarlo, refutarlo o validarlo. Cuando se lo aísla funciona como una definición o una expresión matemática con escaso contenido empírico -y por esa razón- es difícil o imposible refutarlo. Sin embargo, si permanecen en el interior de la teoría tienen un contenido empírico bastante significativo, como se intenta demostrar aquí.

La posición señalada se fundamenta en las siguientes razones: 1) Gottlob Frege advirtió en §62 de *Los Fundamentos de la Aritmética,* [1884] que "Sólo en el contexto de una proposición significan algo las palabras". David Hilbert, en su obra *Fundamentos de la geometría*, 1899, amplió el criterio de Frege y lo extendió de la proposición a la teoría. En consecuencia cada término usado en la teoría queda definido implícitamente por la combinación de los axiomas de la teoría, señalando así la condición sistémica y estructural de las teorías. Mientras que Evandro Agazzi (1978, p. 101-103) destaca que en -

sentido amplio- las teorías científicas son lenguajes, para describir conocimientos de ciertos ámbitos de la realidad.

En sintonía con los argumentos señalados, Duhem (1906, p. 301) sostenía que "*en Física una experiencia nunca puede condenar una hipótesis aislada, sino que refuta a todo el conjunto teórico*". Mientras que Williard Quine (1962, pp. 76-78) en su artículo de 1951, "Dos dogmas del empirismo" sostiene que dado un conjunto de proposiciones, el significado de cada proposición depende de todo el conjunto. Por ese motivo, no se puede considerar el significado de cada una por separado.

Además, si se acepta que una teoría empírica es un sistema de información orientado a conocer ciertos aspectos de la realidad, entonces conserva las propiedades inherentes de la información, entre ellas la que sostiene que ésta es indivisible porque sólo puede ser utilizada como un todo único, de acuerdo con lo que sostiene Joneji Masuda (1984, p. 96).

3. METODOLOGÍA

La selección natural es una teoría difícil de comprobar, pero existen algunas pruebas experimentales, como la del *melanismo industrial*, que permiten observar cómo opera la selección con varias especies de lepidópteros (Popper: 1995, p. 257). Darwin, lo descubrió en la polilla del abedul (*Biston betularia*). Durante el día, esta mariposa nocturna, descansa en troncos y ramas de árboles cubiertos de líquenes grisáceos y se mimetiza con ellos, ya que sus alas son jaspeadas y claras. También existen polillas obscuras llamadas 'carbonarias', para distinguirlas de la forma típica.

Michael Majerus, en su artículo de Springer Science (2008), "Industrial Melanism in the Peppered Moth, Biston betularia: An Excellent Teaching Example of Darwinian

Evolution in Action” (Melanismo industrial en la polilla jaspeada Biston betularia: Un excelente ejemplo didáctico de evolución darwiniana en acción), expuso las investigaciones realizada por Bernard Kettlewell a mediados de la década del 50.

El primer ejemplar de polilla carbonaria se descubrió cerca de Manchester, en 1848 y era una rareza. Sin embargo en 1895 el 95% de las polillas del abedul eran carbonarias, y en 1898 la proporción llegaba al 99%. Ese mismo proceso afectó a unas doscientas especies de zonas urbanas y se observó también en Westfalia y en las inmediaciones de Hamburgo.

Hay que destacar que las polillas obscuras existían antes de la revolución industrial. Pero, dado que éstas se destacaban del fondo claro de los abedules, los pájaros las ubicaban con facilidad y se las comían. Esa situación mantuvo reducida la población de las formas melánicas y en consecuencia el gen mutado no podía imponerse. Luego, con la contaminación industrial la corteza de los abedules se fue obscureciendo. Con ese cambio, las polillas jaspeadas claras contrastaban con el fondo obscuro de los árboles, permitiendo que los pájaros las ubicaran y se las comieran con facilidad.

Kettlewell estudió el fenómeno en Dorset y Birmingham, durante 1955 y 1956. Él conjeturó que los ejemplares obscuros ya existían antes de la industrialización y lo corroboró inspeccionando antiguas colecciones de polillas jaspeadas. Luego, para probar la interpretación darwinista del fenómeno, realizó experimentos, como alimentar orugas de polillas jaspeadas con hojas contaminadas con hollín y otros residuos industriales. Pero no tuvo ningún efecto, ya que después de reproducirse las polillas salieron claras y descartó el alimento como factor del cambio.

Luego, realizó cruzamientos que probaron que la herencia era mendeliana. Seguidamente se marcaron polillas claras y carbonarias, en una proporción de tres a uno y se liberaron en un bosque contaminado de hollín. Después de unos días, la proporción cambió a una relación de una clara por seis obscuras. Por otro lado, en un bosque sin contaminación, se soltaron ambos tipos de variedades marcadas en una proporción de uno a uno. En un lapso similar al del otro grupo, se capturaron en una relación de dos polillas claras por una obscura.

Además, se constató por observaciones realizadas en toda Gran Bretaña, que los pájaros se comían las polillas que más se destacaban sobre los troncos: las carbonarias sobrevivían más en ambientes contaminados con hollín y menos en los naturales, y con las polillas jaspeadas ocurría lo contrario. En conclusión la polillas del abedul se adapta mimetizándose con el medio ambiente para sobrevivir, las blancas en bosques naturales y las carbonarias en los contaminados con hollín (Majerus: 1999, pp. 637-649). Adicionalmente, conviene aclarar que a partir de los años 60 comenzaron varias actividades de descontaminación en Inglaterra. Por ese motivo, los bosques actuales de abedules volvieron a tener una tonalidad clara, las carbonarias disminuyeron y volvieron a predominar las polillas jaspeadas.

En opinión de los autores de este trabajo, la expresión 'la supervivencia del más apto' es sólo un rótulo que identifica una teoría. El rótulo informa que un proceso y el atributo de un objeto están relacionados en esa teoría. Por ese motivo es prácticamente irrefutable, porque sólo informa que dos cosas están relacionadas. Pero, es conveniente tener en cuenta que en esa teoría, 'supervivencia' y 'apto' son términos relacionales que se vinculan con los ciclos reproductivos y con el nicho

ecológico, que están tácitos en el rótulo. En consecuencia, si la expresión ‘la supervivencia del más apto’ se complementa con esos elementos implícitos, se obtiene una explicación de los hechos, como la que obtuvo Kettlewell.

En efecto, cuando se tienen en cuenta la tesis de Duhem y Quine, la condición de la teoría como un todo estructurado y la indivisibilidad de su información, afloran los elementos teóricos tácitos de la expresión ‘la supervivencia del más apto’ y se completa una descripción que es refutable porque tiene contenido empírico. En pocas palabras y desde un punto de vista empírico, la estructura superficial de la expresión ‘la supervivencia del más apto’ parece tautológica. Sin embargo, deja de serlo cuando se analiza la estructura profunda que la sostiene, porque los elementos tácitos se hacen manifiestos, con lo que la expresión evidente pierde su apariencia de trivialidad lógica o de criterio metafísico.

4. HALLAZGOS Y DISCUSIÓN

Resulta oportuno mostrar que el resultado obtenido de este problema puede lograrse utilizando un análisis desde el punto de vista de la Lógica Transcursiva. Para ello conviene aclarar que Salatino (2017, pp. 231-233) distingue dos tipos de *patrones autónomos universales*: a) los *estructurales* que son aquellos en donde sus dos niveles representan un solo sistema que debe interactuar con su entorno, y b) los *funcionales* que permiten el análisis de un ensamble de dos o más estructuras que se alternan en sus funciones.

Los *paus* funcionales utilizan un tipo de operación denominada ‘híbrida’. Estas operaciones especiales se aplican a más de una dimensión, por ejemplo, para dos

variables tendría dos operados representados por los símbolos '↬' y '↫'. Estos últimos representan la hibridación entre la disyunción exclusiva (⊕, xor) y la equivalencia (⊙, xnor), lo que significa que ambas operaciones se aplican en forma parcial, una por cada columna. Cabe aclarar que la disyunción exclusiva (⊕) va siempre del lado del giro y la equivalencia (⊙) siempre va del lado de la flecha.

↬ : ⊕ ⊙	Aplica ⊕ a la 1er columna y ⊙ a la 2da columna
↫ : ⊙ ⊕	Aplica ⊙ a la 1er columna y ⊕ a la 2da columna

Basta con aplicar una u otra operación híbrida a los elementos involucrados en cada giro: 00, 01 y 11 en el giro dextrógiro y 00, 10 y 11 en el levógiro.

Estas operaciones híbridas permiten solucionar el caso de la *Biston Betularia*. En este caso los subgrupos que constituyen los niveles de realidad representan polillas jaspeadas en abedules claros en equilibrio natural (11) y polillas carbonarias en abedules obscuros en equilibrio inestable de un ambiente contaminado (∇ (nabla) = 00). Las situaciones intermedias de adaptación, previas a alcanzar el equilibrio estable natural o el inestable de la contaminación, se corresponden con los códigos 01 y 10. (Figura 1)

Se parte de una situación de equilibrio natural de polillas jaspeadas que dormían sobre troncos claros de abedul (11) como ocurría en Manchester en 1848. Al aumentar la contaminación, se pasó a una situación intermedia de desequilibrio. La población de Biston Betularia típica, que es clara, disminuyó porque las mariposas nocturnas dormían durante el día apoyadas en los troncos de los abedules oscuros por la contaminación y eran devoradas por los pájaros, dado que su silueta contrastaba con el tronco donde estaban apoyadas (10). El proceso de

adaptación condujo a una situación de equilibrio evolutivo de la forma melánica que dormía sobre troncos obscuros (00). En efecto, Manchester, en 1898 se había constatado una mutación hacia la Biston betularia carbonaria, cuyo predominio era del 99%.

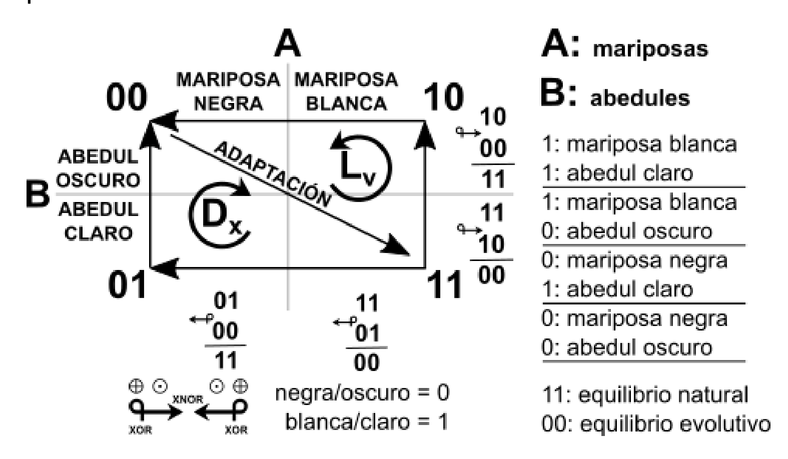


Figura 1 PAU EVOLUTIVO

La situación opuesta a la anterior es la que se verifica actualmente, ya que se ven los resultados de los procesos de descontaminación que realizó Inglaterra, a partir de 1960. Al comenzar la descontaminación, la situación de equilibrio era de polillas obscuras que duermen mimetizadas sobre troncos de abedules obscuros por la contaminación (00). En la medida que avanzó la descontaminación, los abedules perdieron sus cortezas obscurecidas y las reemplazaron por las naturales que son claras. En consecuencia la población de las *Biston betularia* carbonarias pasó a una situación de desequilibrio de polillas obscuras que duermen sobre los troncos de abedul claros (01), quedando sin protección mimética contra los pájaros. Luego, con las iteraciones reproductivas y la actividad de los pájaros, las carbonarias

disminuyeron y volvieron a predominar las polillas jaspeadas y claras, alcanzando nuevamente el equilibrio natural que existía en Manchester en 1848. Actualmente, en los bosques que estuvieron contaminados, predominan las polillas jaspeadas que duermen mimetizadas sobre los troncos de abedules claros (11).

5. CONCLUSIÓN

La vía por la cual se alcanza el equilibrio evolutivo no importa. En ese sentido, por lo menos teóricamente, cabe la posibilidad de regresar al equilibrio natural luego de una readaptación. La dinámica de todo este cuadro evolutivo puede reproducirse mediante las operaciones respectivas representadas en la Figura 1, recordando que este esquema representa un *pau* funcional, donde contrastan dos entidades, en este caso, mariposas y abedules.

Se puede concluir que los resultados sobre las cuasi-tautologías obtenidos través del análisis lógico-lingüístico son coincidentes con los que arroja el *pau* funcional de la *lógica transcursiva*. Es más, esta última permite objetivar los estados estables, naturales o contaminados, y las situaciones intermedias de transformación entre ellos. Además, el resultado logrado con la *lógica transcursiva* refuerza la idea de que una teoría se enriquece con sus formas de representación, porque estas introducen otras manifestaciones comunicativas.

Referencias:

Díez Calzada, José A. y Moulines, C. Ulises (1999). *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*. Barcelona: Ariel. Pp. 267-391

Duhem, Pierre (1906). *La Théorie physique. Son objet et sa structure.* Paris, Chevalier & Rivière.

Frege, Gottlob. (1972). *Conceptografía. Los Fundamentos de la Aritmética. Otros Estudios Filosóficos*. México: Universidad Autónoma de México.

Kuhn, Thomas S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. Buenos Aires: FCE, Argentina.

Majerus, Michael E. (2008). "Industrial Melanism in the Peppered Moth, Biston betularia: An Excellent Teaching Example of Darwinian Evolution in Action". En *Springer Science + Business Media*, LLC 2008.

Majerus, Michael E. (1999). "Evolución y mantenimiento del melanismo industrial en los Lepidoptera" (637-649). En *Boletín SEA*, 26, 1999. Zaragoza: Sociedad Entomológica Aragonesa

Masuda, Joneji (1981). La Sociedad Informatizada como Sociedad Post-Industrial. Madrid: Tecnos.

Moulines, C. Ulises (1982). *Exploraciones metacientíficas.* Madrid: Alianza

Popper Karl (1982). *Conocimiento Objetivo.* (*Objective Knowledge* [1972]). Madrid: Tecnos.

Popper, Karl. *Popper* (1995). *Escritos Selectos*. (*Popper Selections* [1985]). Miller, David (Comp.). México D.F.: Fondo de Cultura Económica

Quine W. V.: "Dos dogmas del empirismo" (76-78), en Quine, Willard van Orman (1962). *Desde un punto de vista lógico*. Barcelona: Ariel.

Salatino, Dante R. (2009). *Semiótica de los sistemas reales* – Tesis Doctoral en Letras – Facultad de Filosofía y Letras – Universidad Nacional de Cuyo - Mendoza, Argentina.

Salatino, Dante R. (2017). *Tratado de lógica transcursiva: origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva* (1st ed.). Godoy Cruz, Mendoza

***

CREATIVIDAD

SECCIÓN

3

14. Uso de la Abducción Formal

Luis Gómez[53]

Resumen: En el marco de la Lógica Proposicional clásica bivalente L_P el tema que a los alumnos generalmente les resulta más difícil de aprender es la demostración. El presente artículo ejemplifica un método heurístico que conduce rápida y fácilmente a encontrar más de una demostración de validez sintáctica de una forma argumental como resultado de una convergencia de procesos deductivos y de abducción formal. El método fue creado por el autor para enseñar cómo encontrar una solución a este problema.

Palabras claves: abducción formal, demostración, heurística, deducción, aprendizaje.

1. Introducción

En el marco de la Lógica Proposicional clásica bivalente L_P el tema que a los alumnos generalmente les resulta más difícil de aprender es la demostración de validez sintáctica de una forma argumental. Generalmente los alumnos operan por tanteos deductivos, ayudados por la experiencia que desarrollan gracias a la ejercitación adecuada, en la que se familiarizan con las reglas básicas y derivadas que justifican los pasos secuenciales.

A su vez, la abducción tiene desarrollos teóricos orientados a las ciencias empíricas, pero el autor no conoce publicaciones sobre su uso para las demostraciones formales, a nivel puramente sintáctico.

Motivado por la necesidad de ayudar a encontrar una solución a este problema, quien escribe creó este método heurístico que ha demostrado su eficiencia para mejorar el aprendizaje de las demostraciones en L_P. El presente

[53] FRM - UTN

artículo ejemplifica su implementación como resultado de una convergencia de procesos deductivos y de abducción formal.

2. Algunas nociones teóricas básicas

Una *forma argumental* (*FA*) deductiva cualquiera es un esquema formal de argumento, una estructura compuesta por (conjuntos de) formas proposicionales *(FPs)* y por la relación de consecuencia lógica ($\vdash$). Se puede representar como $\Gamma \vdash \Delta$.

Una *demostración* de validez sintáctica de una FA en un sistema de lógica proposicional clásica bivalente L_P es el proceso deductivo que prueba que la conclusión se deriva de las premisas en función de las reglas de L_P. El método de prueba *directo* consiste en establecer una secuencia inferencial en la cual cada fórmula intermedia deducida a partir de las premisas es justificada por una regla perteneciente al conjunto de reglas del sistema lógico L_P, y la última fórmula deducida es la conclusión. En otras palabras, el método directo es una cadena de 0 a n ciclos argumentales que (de)muestran que Δ se deriva deductivamente de Γ de acuerdo con los axiomas y las reglas de L_P. La demostración directa puede ser inmediata o mediata. El tratamiento de la primera no corresponde al presente artículo ya que en ella no interviene la abducción formal.

Si hay al menos un ciclo argumental entonces la demostración es *mediata.* Cada ciclo es una FA dentro de una secuencia de FAs cuyas conclusiones parciales funcionan como premisas para los siguientes ciclos, hasta deducir la conclusión. Dentro del sistema de reglas de Gentzen hay tres reglas que permiten la generación de subciclos, incluso anidados, dentro del ciclo principal que

conforma una demostración. Se representan dichos subciclos como $(s_{i-j})_{l-m}$. que se lee: los subciclos numerados de *l* a *m* con (primer) apertura en i y cerrados en j.

	FA dada	$\Gamma \vdash \Delta$	
1	ciclo 1	$\Gamma \vdash s_1$	R_1 regla
2		$\Gamma, s_1 \vdash s_2$	R_2
		⋮	
		$\Gamma, s_1, s_2, \ldots \vdash s_{n-1}$	R_{n-1}
n	ciclo n	$\Gamma, s_1, s_2, \ldots, (s_{i-j})_{l-m}, \ldots, s_{n-1} \vdash \Delta$	R_n

3. Ciclo deductivo

La abducción formal como método heurístico demostrativo $\Gamma \dashv_a \Delta$ es también una cadena de ciclos cuyo punto de partida es la conclusión Δ y que se desarrolla en árboles sintácticos de opciones según las reglas de L_P hasta acceder a las premisas iniciales Γ o a alguno de sus subconjuntos, o a cualesquiera de sus equivalentes lógicos o de sus deducciones parciales s_i . Se puede ilustrar de modo simplificado como sigue:

	FA dada	$\Gamma \vdash \Delta$	
1	ciclo 1	$a_1 \dashv_a \Delta$	R_1
2		$a_2 \dashv_a a_1, \Delta$	R_2
		⋮	

		$a_{n-1} \dashv_a a_{n-2}, \ldots, a_2, a_1, \Delta$	R_{n-1}
n	ciclo n	$\Gamma \dashv_a a_{n-1}, \ldots, (a_{i-j})_{l-m}, \ldots, a_2, a_1, \Delta$	R_n

4. Ciclo abductivo

Se llamará H a la demostración mediata de $\Gamma \vdash \Delta$. Si *D* representa las series deductivas y *A* las abductivas en la demostración directa mediata de $\Gamma \vdash \Delta$ en L_P entonces cada convergencia de ambas series permite construir una demostración H. En símbolos:

Si $(s_i=a_j)_{g,h}$ entonces $H_k = \{D(s_1,\ldots,s_i)_g \cup A(a_j,\ldots,a_1)_h\}$

H_k es una *demostración* de $\Gamma \vdash \Delta$ sii es una unión entre una serie deductiva $D(s_1,\ldots,s_i)_g$ y una serie abductiva $A(a_j,\ldots,a_1)_h$, que convergen en una conclusión parcial $(s_i = a_j)_{g,h}$.

$$H_k = \{D(s_1,\ldots,s_i)_g \cup A(a_j,\ldots,a_1)_h \,/\, (s_i=a_j)_{g,h}\}$$

Es decir que

Si $\Gamma \vdash_D H_k$ y $H_k \dashv_a \Delta$ entonces H_k es una demostración mediata de $\Gamma \vdash \Delta$ en L_P.

Luego, H es el conjunto de las uniones entre las *g* series deductivas $D(s_1,\ldots,s_i)_g$ que convergen en una conclusión parcial $(s_i = a_j)$ con las *h* series abductivas $A(a_j,\ldots,a_1)_h$, formando una serie demostrativa continua H_k con línea de unión en una convergencia.

5. Heurística abductiva

Encontrar H es un problema heurístico que consiste en complementar la deducción con el método de *abducción formal*. Se trata de encontrar las premisas alternativas posibles, en función de las reglas deductivas, a partir de la conclusión de la FA que se debe demostrar. Es decir, se abducen formalmente las posibles premisas desde las cuales se deduce válidamente la conclusión. Con lo cual se generan diversas series abductivas.

Simultáneamente, se deducen algunas líneas conclusivas parciales s_i posibles a partir de las premisas. Cada par de líneas idénticas concurrentes será una demostración H_k. Desde el punto de vista operativo se busca la cantidad de demostraciones que sean suficientes para los efectos prácticos.

6. Ejemplo de heurística demostrativa con abducción formal

A continuación se presenta un ejemplo de este método que ilustra su utilidad y su modo de uso. Sea la FA

$$p \rightarrow q, \neg(r \rightarrow \neg p) \vdash \neg q \rightarrow r$$

Cada premisa de la FA se expresa en una línea numerada. La conclusión va a la derecha de la última premisa.

-1 $p \rightarrow q$
-2 $\neg (r \rightarrow \neg p)$ / ∴
$\neg q \rightarrow r$

En la demostración clásica sigue la secuencia numérica para cada conclusión parcial hasta llegar a la conclusión al final. En el método aquí propuesto se siguen múltiples series en paralelo. Por lo tanto, se comienza con una tabla de doble entrada: deductiva ($\vdash$) a la izquierda y abductiva ($\dashv_a$) a la derecha. La columna deductiva comprende las premisas (Γ), con su secuencia “*d*” de números naturales, y la conclusión. La columna abductiva, con su secuencia numerada “*a*”, toma como punto de partida la conclusión (Δ).

	$\vdash$		$\dashv_a$	
d	Γ	Δ	Δ	a
1	$p \to q$	$/\therefore \neg q \to r$	$\neg q \to r$	1
2	$\neg (r \to \neg p)$			

Luego se introduce una columna intermedia H en la que se registran las convergencias heurísticas demostrativas igualando el número de “d” a la izquierda con el de “a” a la derecha. Y se opera paralelamente de forma deductiva y abductiva abriendo las opciones más prometedoras en cada caso. Cada opción abierta genera una nueva (sub)secuencia en *d* o en *a*, construyendo una especie de árbol sintáctico. Esta operación se sigue, como se dijo, hasta que se encuentre al menos una concurrencia: $s_i = a_j$. En tal caso, se unifican las series combinadas que contienen a (s_i) y a (a_j) respectivamente.

Pero si no se accede a una correspondencia, se puede retroceder y operar con opciones no tomadas en cuenta en cualquiera de los niveles de avance de cada secuencia. En otras palabras, de no hallarse una convergencia $s_i = a_j$ en las primeras ramas creadas, se

abre gradualmente el árbol de secuencias generando más oportunidades de encuentro.

Mientras las opciones sean pocas se puede exponer la regla y línea(s) justificadoras. De otra manera, resulta más cómodo expresar solamente la s_i o la a_j que se genera.

En el ejemplo, se comienza con una doble serie deductiva *d*: la línea 3. Se utiliza la regla derivada de Definición del Implicador (DI) para la primer premisa (3.1) y para la segunda (3.2).

↓ $\dfrac{\Phi \rightarrow \Psi}{\neg(\Phi \wedge \neg\Psi)}$ DI_1 $\dfrac{\Phi \rightarrow \Psi}{\neg\Phi \vee \Psi}$ DI_2

Dado que DI presenta dos opciones (una conclusión disyuntiva o una negación de una conjunción), se pueden usar las dos, o se elige una que se considere más simple para comenzar. En el ejemplo se usa DI_2 para la primera premisa y DI_1 para la segunda.

$\dfrac{\neg(r \rightarrow \neg p)}{r \wedge p}$ DI_1 $\dfrac{p \rightarrow q}{\neg p \vee q}$ DI_2

Para la segunda premisa se ha seguido la costumbre general de simplificar los pasos. Pero es necesario saber qué es lo que se está simplificando para aprender con claridad y poder utilizar razonamientos analógicos con una base teórica sólida. En realidad se hicieron dos inferencias en una: primero se aplicó la DI_1 y luego la regla de intercambio (I) de la Doble Negación (Ley DN: $\neg\neg\Phi \Leftrightarrow \Phi$) dos veces ($I^2DN$). Si se hace en dos pasos queda:

1° $\frac{\neg (r \rightarrow \neg p)}{\neg\neg(r \wedge \neg\neg p)}$ DI$_1$ Y luego $\frac{\neg\neg(r \rightarrow \neg\neg p)}{r \wedge p}$ I^{2}DN

Si no se utiliza la regla de intercambio, en este caso particular hay que hacer tres secuencias deductivas (o "pasos"):

1° DI$_1$ $\frac{\neg (r \rightarrow \neg p)}{\neg\neg (r \wedge \neg\neg p)}$ 2° DN $\frac{\neg\neg(r \rightarrow \neg\neg p)}{r \wedge \neg\neg p}$ 3° DN $\frac{r \rightarrow \neg\neg p}{r \wedge p}$

En *d*4se pueden extraer dos conclusiones utilizando EC (=E∧) por lo que se abren las dos opciones: 4.1 r y 4.2 p.

	⊢	H	⊣a	
d	Γ	→←	Δ	a
1 p→q				
2 ¬(r → ¬p)			/∴ ¬q→r	1
3 1¬pvq DI$_2$	2 r∧p DI$_1$			
4	1 r EC 2 p			

La columna abductiva *a* comienza en la conclusión (*a1*) y en (*a2)* se pueden proponer dos premisas de las que derive la conclusión. Una sigue la definición del disyuntor

(DfD_1) y la otra la Introducción del Implicador (II) también llamada el Teorema de la Deducción (TD).

1 qvr $\dashv_a \neg q \rightarrow r$ DfD_1 2 [¬q … r] $\dashv_a \neg q \rightarrow r$ TD

La primera abducción formal consiste en suponer que la conclusión (¬q → r) derive por equivalencia, por definición del disyuntor, de la premisa o conclusión parcial (q v r). O bien: qvr $\dashv_{a\leftrightarrow} \neg q \rightarrow r$.

En la segunda abducción formal se supone que si la conclusión es un implicador entonces es formalmente posible que se haya utilizado la regla de II, o TD. El consecuente *r,* que cierra el supuesto, se coloca en a2 y más abajo el supuesto inicial ¬*q*. De r se abduce r∧p por EC, como se ve en d4.

En la columna deductiva d4.1 *r* es una conclusión parcial. Esta concurrencia entre d4.1 y la columna abductiva a2 (cierre de a2-4) es una demostración H_1.

	$\vdash$	H	$\dashv_a$	
d	Γ	→←	Δ	a
1 p→q				
2 ¬ (r → ¬p)			/∴ ¬q→r	1
3 1¬pvq DI_2	2r∧p DI_1		1 qvr DfD_1 2 r II	2

4	1 r EC 2 p		$r \wedge p$	3
5		4.1=2. 2	$\neg q$ sp	4

Ahora sólo hay que reconstruir la primera demostración H_1.

-	1	$p \rightarrow q$	
-	2	$\neg (r \rightarrow \neg p)$	$/\therefore \neg q \rightarrow r$
	3	$\neg q$	Sup
	4	$r \wedge p$	2 DI_1
	5	r	4 EC
	6	$\neg q \rightarrow r$	3-5 II

La segunda serie abductiva a2.1 es qvr $\dashv_a \neg q \rightarrow r$. En caso de que la secuencia abductiva sea a2.1 la conclusión será qvr. La regla de abducción formal aquí, corresponde a la regla deductiva (ID). Si la conclusión es una disyunción, se puede abducir formalmente que uno de sus miembros es una premisa.

Si $a_i = \Phi v \Psi$ entonces $a_{i+f} = \Phi$ o $a_{i+f} = \Psi$ abD

La regla sintáctica abductiva para el disyuntor (abD) que se corresponde con la regla deductiva de introducción del disyuntor ID también se puede representar de otras formas:

↑	$\frac{\Phi \mid \Psi}{\Phi v \Psi}$	Bifurcación de premisas posibles	regla sintáctica

	Conclusión		abductiva abD
o	$\Phi \dashv_a \Phi v \Psi$ | $\Psi \dashv_a \Phi v \Psi$	ID(adición)	abD

Quedan así definidas las dos opciones de la línea abductiva 3: a3.1 *q* y a3.2 *r*. Por lo tanto, se encontró una segunda demostración H_2 ya que d4.1 = a3.2. A su vez, *q* se puede abducir formalmente por eliminación del implicador (EI) de la primera premisa y de su antecedente *p*, que fue hallado en d4.2. La convergencia d1,4.2 = a4.2 da lugar a una tercera demostración H_3.

	$\vdash$		H	$\dashv_a$		
d	Γ		→←	Δ		a
1	p→q					
2	¬(r→¬p)			/∴ ¬q→r		1
3	1 ¬pvq DI$_2$	2 r∧p DI$_1$		1 qvr DfD$_1$ 2	r II	2
4		1 r EC 2 p	4.1=3.2	1 q ID2 2 r	r∧p	3
5			1,4.2=4.2 4.1=2.2	2 p,1 1	¬q	4

Con lo que se puede construir H2 y H3.

H_2

- 1 p→q
- 2 ¬ (r → ¬p) /∴ ¬q→r □$_2$

3 $r \wedge p$ 2 DI_1

4 r 3 EC

5 qvr 4 ID

6 $\neg q \rightarrow r$ 5 DfD_1

H_3

- 1 $p \rightarrow q$
- 2 $\neg (r \rightarrow \neg p)$ /∴ $\neg q \rightarrow r$ H_3

3 $r \wedge p$ 2 DI_1

4 p 3 EC

5 q 1,4 EI

6 qvr 5 ID

7 $\neg q \rightarrow r$ 6 DfD_1

Hay otras posibilidades tanto abductivas como deductivas que no se han explorado aquí. Se espera que las variantes dadas como ejemplo sean suficientes para orientar las demostraciones de todos los lectores.

7. Conclusiones

Se presentaron brevemente las bases teóricas de la abducción formal como método heurístico, que combinado con la deducción permite encontrar una demostración de validez sintáctica de una FA en el sistema L_P.

A través del sencillo ejemplo desarrollado se mostró la facilidad y fertilidad de este método para poder (aprender a) demostrar directamente la validez sintáctica de un argumento.

Referencias bibliográficas

Garrido, M. (2005). *Lógica Simbólica*. 4a. Ed. Madrid, Tecnos.

Gómez, Luis. (2017). 'Heurística Demostrativa'. En: Cuadrado, G. y Gómez, L. *Ciencias de la ingeniería en el siglo XXI. Nuevos enfoques en su lógica, enseñanza y práctica*. Cap. 3. Universidad Tecnológica Nacional.

* * *

15. Pensamiento productivo y creatividad científica en Albert Einstein según Max Wertheimer

Raúl A. Milone[54]

Resumen: El presente trabajo se centra en el estudio que Max Werthemier, pionero de la psicología de la *Gestalt*, realizó sobre el *pensamiento* que condujo a Albert Einstein a formular la teoría de la relatividad. Se propone establecer las principales tesis gestálticas, desde las cuales Wertheimer consideró la naturaleza y los procesos del pensamiento efectivo, perspicaz y fructífero. Por consiguiente, considera la noción clave de *pensamiento productivo*, entendido como re-estructuración creativa y racional, vinculado con la consecución y logro de una *visión interior* acerca de una situación-problema, cuya comprensión forma parte de una perspectiva más penetrante e inteligente. Para el tratamiento de la cuestión planteada, primero, se presenta el enfoque y las tesis nucleares de la *Gestalttheorie*. A continuación, se examina e ilustra el *pensamiento productivo* que condujo a Einstein a concebir su célebre innovación en el campo de la física. Por último, se exponen, a modo de conclusión, consideraciones finales respecto de lo especificado, ponderándose la relevancia y utilidad del aporte de Wertheimer, en el marco de la filosofía y psicología de la ciencia.

Palabras clave: pensamiento productivo, creatividad científica, psicología de la ciencia, Einstein, Wertheimer, *Gestalttheorie*.

I

Max Wertheimer (1880-1943) se desempeñó en las universidades de Berlín (1922-1929) y de Frankfurt (1929-1933) y, desde 1934, en la *New School for Social*

---

[54] Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo.

Research de Nueva York. Fundó, junto con Wolfgang Köhler y Kurt Koffka, la psicología de la *Gestalt* o *Gestalttheorie*, escuela que constituyó un antecedente significativo de la *teoría general de sistemas* (von Bertalanffy, 1976) y de la *psicología cognitiva* (de Vega, 1984; Gardner, 1987; Kandel, 2006). Wertheimer se ocupó de los contenidos de la conciencia, tal como éstos se presentan directa y organizadamente, resaltando la necesidad epistemológica y metodológica de respetar su naturaleza, estructura y configuración. Es decir, consideró la experiencia psíquica desde un punto de vista integral y global. Su propósito –y el de los psicólogos gestálticos- fue identificar y fijar las condiciones y determinaciones de la mente: "la realidad de la experiencia inmediata, del *fenómeno*, es para [la *Gestalttheorie*] una evidencia primera […]" (Köhler, 1948, p. 232). Lo dado en la conciencia vendría estructurado y sus contenidos se experimentan como formas o totalidades coordinadas (Sander, 1963; Pucciarelli, 1948). Para indagar en el plano de la mente, la *Gestalttheorie*, concibió ingeniosos experimentos y se valió de la descripción fenomenológica y la auto-observación natural. Aspiraba no 'forzar', 'tornar artificial', 'contaminar' los fenómenos ni cualquier proceso de la conciencia (*v.g.* percepción, atención, memoria, pensamiento, creatividad, aprendizaje, resolución de problemas). Además, para la escuela, sujeto y objeto se involucran y corresponden recíprocamente, forman parte, a su vez, de una configuración más abarcadora. La *Gestalttheorie*, filosóficamente, no profesó el dualismo ni el mecanicismo; postuló la unicidad primaria del sujeto y el objeto conforme a interacciones estructuradas. Su *programa de investigación científica* remarcó los hallazgos en el laboratorio. Pretendía delimitar, clarificar e introducir nuevas bases en la naciente Psicología científica, a principios del siglo XX. Cuando adquirió

madurez, contrastó con las principales corrientes de su tiempo como el *voluntarismo* de W. Wundt, el *funcionalismo* de W. James, el *estructuralismo* de E. Titchener, el *conductismo* de J. Watson y el *neoconductismo* de B. Skinner (Tortosa y Civera, 2006; Hergenhahn, 2011). Su influencia se extendió a otros dominios de la ciencia, como el de la física, la biología, la sociología, la lingüística, la lógica y la epistemología (Madden, 1952; DelVal, 1977; Westheimer, 1999). La noción de *Gestalt* (forma, estructura o totalidad organizada), fue cardinal respecto de la *concepción de mundo* (*Weltanschauung*) defendida y promovida. El mundo, en sus manifestaciones físicas, biológicas y psíquicas, sería, ante todo, un conjunto de *Gestalten* dinámicamente articuladas entre sí. Por consiguiente, tanto la realidad del objeto como la del sujeto se organizan en unidades significativas. En tal sentido, toda unidad natural tendría su propia *Gestalt* o estructura (Leahey, 1998), la cual opera conforme a principios generales de un mismo tenor. Una *Gestalt*, por tanto, no es el producto aditivo de partes reagrupadas, erigidas subjetivamente sobre piezas dadas y aisladas. En vez de ello, sería una totalidad armónica basada en principios de agrupamiento (*v.g.*, de proximidad, de la semejanza, del destino común). Los componentes de una *Gestalt* responden a condiciones estructurales intrínsecas.

El lema gestáltico muy difundido: *el todo es más que la suma de sus partes*, destacó que la adición de partes no constituye la totalidad que integran. Al todo se le atribuye cualidades propias y de mayor peso que la simple enumeración asociativa. Por ello, el procedimiento científico de añadir linealmente componentes aislados para conformar una *Gestalt* carecería de sentido; no así, como señaló Wertheimer, percibir y comprender la naturaleza dinámica de las formas (Wertheimer, 1924) y

la relación todo-partes (Koffka, 1973). Las investigaciones de la *Gestaltpsychologie* establecieron que las cualidades de una totalidad eran "[…] oscurecidas, e incluso destruidas, por una actitud extremadamente analítica, por una disección sumamente detallada de las partes que la componen" (Sander, 1963, p. 99). Las psicologías atomistas, asociacionistas y neopositivistas, como ejemplos típicos de posiciones básicas contrastantes, habrían fracasado "por ver los árboles y no el bosque", por pretender encontrar los elementos sensoriales o de la conciencia y por no aceptar la complejidad de las configuraciones tal como se presentan en el campo físico, biológico y psicológico. La *Gestalttheorie* resaltó la primacía de la configuración sobre los componentes que la conforman (von Bertalanffy, 1976).

En un primer artículo de 1910, Wertheimer, afrontó problemas de psicología relacionados con la música de una tribu de Sri Lanka (Leahey, 1998). Sobre la cuestión, concluyó que las composiciones musicales, en lo rítmico y en lo melódico, constituían en sí mismas totalidades bien organizadas. La melodía se conserva si se la ejecuta en otro tono; es decir, aunque todos sus sonidos puedan ser distintos. Asimismo, en el nacimiento de la escuela se dieron un conjunto de acontecimientos vinculados con la física de su tiempo. Köhler, que estudió con M. Planck en Berlín, consideró que éste, a partir de comunicaciones con E. Mach, sostuvo que la mente humana se caracterizaba y orientaba según *algún tipo de cierre*. Siendo este *cierre*, uno de los principales hallazgos experimentales de la *Gestalttheorie*. Por ejemplo, en la percepción visual, las figuras abiertas, incompletas o no concluidas tienden a captarse como cerradas o completas, tienden a la buena forma en el campo de la conciencia. El *principio de cierre* gestáltico se articulaba con otro principio más abarcador, el *de pregnancia*

(*Prägnanz*, buena figura) que, al integrarlo, tendía a que el sujeto epistémico se percatara de la regularidad, la simetría y el equilibrio de las formas. Históricamente, la *Gestaltpsycologie* puede interpretarse como el esfuerzo de Wertheimer, Koffka y Köhler de modelar y desarrollar una nueva Psicología desde la *teoría de campo* (Hergenhahn, 2011). Los psicólogos gestaltistas profundizaron y extendieron a los procesos psíquicos y fisiológicos del cerebro lo que los físicos elaboraban en la teoría de campo de una manera más abstracta y con ecuaciones matemáticas (Fuller, 2000). La forma perceptiva, fenómeno natural de la mente, sería análoga a un campo electromagnético. Así, el *campo de la conciencia* fue una de las claves filosóficas y epistemológicas de la *Gestalttheorie* (Humphrey, 1924). Los sucesos mentales no serían una colección de unidades discretas no interactuantes de sensaciones, ideas o imágenes; antes bien, serían verdaderas configuraciones significativas que interactúan integral y dinámicamente respecto de un nivel organizativo de orden mayor (Leahey, 1998; Köhler, 1948).

La escuela de Wertheimer sostuvo la importancia de considerar, abordar y articular entre sí *Gestalten* de índole psíquica, fisiológica y física. Por ejemplo, el *principio de isomorfismo* psicofísico (Wertheimer, 1944; Köhler, 1962; Koffka, 1973) afirmaba que los patrones configuracionales de la conciencia se correlacionan estructuralmente con los patrones configuracionales de la actividad cerebral (Hergenhahn, 2011). El cerebro obtiene su dinámica a partir de fuerzas físicas, que también cumplen con patrones de organización. De este modo, no sería una máquina asociacionista de conexión senso-motriz (como el cableado de una antigua central telefónica). Antes bien, opera como una totalidad que enmarca y transforma la información sensorial. El

principio del isomorfismo establece que lo fisiológico y lo psíquico son formas dinámicas "[…] que presentan una comunidad de estructura" (Guillaume, 1969, p. 29). Es la actividad estructural y estructurante del cerebro y no los estímulos ni la suma asociativa de éstos entre sí o con imágenes de la memoria, la que se relaciona articuladamente con los procesos mentales: "Cualesquiera configuraciones que ocurran en los campos de la actividad cerebral serán experimentadas como percepciones" (Hergenhahn, 2011, p. 490). El *principio del isomorfismo* afirma la correspondencia isomórfica entre el campo cerebral y el campo psicológico. En resumen, según la *Gestalttheorie*:

> "La relación entre lo físico y lo psíquico, entre *Gestalten* físicas y *Gestalten* fenoménicas, queda mediada por procesos neurofisiológicos, que actuarán como *correlatos* de los fenómenos conscientes. Actividad cerebral y consciente son procesos dinámicos de campo, fisiológicos unos y psicológicos otros, pero con propiedades idénticas. La propuesta era prematura en el estado del conocimiento existente sobre anatomía y fisiología cortical, pero la idea de isomorfismo, en formas mucho más sofisticadas, sigue vigente en lo que hoy llamamos neurociencias" (Tortosa y Civera, 2006, p. 279).

La escuela también enfatizó la importancia de identificar relaciones estructurales entre diversas *Gestalten*. Köhler sostuvo que todo orden experimentado en el espacio es "[…] una verdadera representación de un orden correspondiente en el contexto dinámico y subyacente de los procesos fisiológicos" (Köhler, 1948, p. 65).

En el curso histórico de la ciencia, la *Gestalttheorie* fue una alternativa orgánica –o de campo-, que se opuso a

cualquier enfoque filosófico o tipo de teorización basada en el asociacionismo de unidades, consideradas artificialmente como últimas y fundantes. Wertheimer (1944) expresó con detalle lo que, para él, representaba un verdadero problema ontológico, metodológico y epistemológico: los psicólogos indagaban y actuaban en una realidad compleja, rica y plena; sin embargo, al final de su labor científica y, como producto de las mismas, sólo ofrecían simplificaciones carentes de sentido o representaciones distorsionadas y distantes de la realidad estudiada. Por ello, Wertheimer rechazó las escuelas de psicologías de su tiempo, por excederse en "cosas áridas, pobres, y por tener implicaciones acartonadas y monstruosas" (Wertheimer en Leahey, 1998, p. 250). La psicología, sostuvo, habría reducido, artificial y mecánicamente, los fenómenos de la conciencia reales. Antes de la investigación psicológica sería deseable asumir y comprender la naturaleza y realidad natural de la conciencia: "De alguna manera, lo que consideramos lo más crucial, lo más esencial y lo más vital […] se ha perdido" (Wertheimer, 1944). Sus investigaciones sobre la percepción, el movimiento aparente o el pensamiento productivo establecieron que estos fenómenos de la conciencia derivan de la dinámica de formas organizadas y no de un mosaico compuesto por una miríada de piezas simplificadas. En la conciencia no cabría la yuxtaposición ni los agregados para dar cuenta de lo que acontece en ella. Sus fenómenos son formas estructuradas, totalidades significativas y contextualizadas. Las formas fueron erigidas como datos primeros de la investigación psicológica del pensamiento productivo y la resolución de problemas (Köhler, 1927; Wertheimer, 1991). Adoptar el enfoque *Gestalt* supone: 1) especificar cómo los componentes de la Naturaleza ordenan y corresponden con totalidades funcionales; 2) conocer la función y grado

de interdependencia de dichos componentes; 3) descubrir como las grandes totalidades pueden entenderse como sub-totalidades interactuantes (Koffka, 1973). Lo fundamental de la escuela gestáltica fue postular la realidad de totalidades organizadas que funcionan como tales a partir de ellas mismas.

II

Wertheimer, conforme a la filosofía y los lineamientos de la *Gestalttheorie*, se propuso comprender la naturaleza, estructura y función del *pensamiento* creador, aquel que aporta la originalidad, tal como se efectúa en la conciencia. Consideró impropio o insatisfactorio los resultados provenientes la lógica tradicional cuando se los aplicaba a la psicología del pensamiento productivo. Esta lógica, centrada en las condiciones y criterios formales que establecen la corrección –o no- de las inferencias, se interesaba principalmente en la construcción de proposiciones a partir de otras. La validez, coherencia y solidez de los silogismos constituyó su principal aporte. Según Wertheimer (1991), desde el *Órganon* de Aristóteles hasta el Renacimiento, los rasgos generales de la lógica tradicional habrían conservado su carácter primordial. El tratamiento asociacionista de la inducción, fundamental para el curso de la ciencia moderna, alcanzó un buen nivel en los cánones de J. Stuart Mill. Dicho tratamiento, con énfasis en la observación, la experiencia y la experimentación consideró las generalizaciones inductivas como el producto de la recopilación detallada de hechos, de la identificación de conexiones constantes entre los mismos o del registro de cambios introducidos objetivamente en los experimentos. En tal sentido, Wertheimer, como psicólogo gestaltista, se opuso a la *teoría del asociacionismo* que entendía el pensamiento y el razonamiento inductivo como sucesión de ideas (o de estímulos y respuestas) pretendiendo determinar las

leyes que lo rigen –por ejemplo, la ley de contigüidad-. Según Wertheimer, el pensamiento productivo obedece a un cambio estructural no-acumulativo, implica transformaciones globales y el fruto de una *visión interna* o *invisión* (en inglés *insight*, darse cuenta; en alemán *Einsicht*, discernimiento). Esta visión interior (intuición o pensamiento visuales) representaría la consecución de un nuevo punto de vista, más perspicaz respecto de la configuración inicial en la cual se detectó la situación-problema que requiere de su correspondiente situación-solución para dar con una forma más completa.

El pensamiento productivo opera según principios gestálticos generales *de figura-fondo* y *de pregnancia*. La comprensión gestáltica incluye relaciones lógicas de sentido, la representación de fines/medios y la tendencia al completamiento situación-problema-solución (Köhler, 1927; Wertheimer, 1991; Pozo, 1994). Implica la invisión exigiendo que, tanto el problema como su solución, se perciban estructuradamente como una unidad o unidades funcionales en formación sucesiva, cada vez más estables, completas y diferenciadas. Plantear y resolver un problema supone que la solución se visualice como el componente faltante dentro de una situación global. La configuración problema-solución reclama, según los principios de figura-fondo, de cierre y de pregnancia ser consumada mediante la puesta en funcionamiento del pensamiento productivo y creador. Una vez, que éste alcanza la solución, el sujeto da con una *buena forma*, se completa la nueva estructura emergente. El proceso consistiría, en un conjunto de pasos derivados, en los cuales se ordenan, reordenan y visualizan los componentes relevantes de la situación en cuestión. De esta manera, la situación-problema *S1* se percibe internamente como incompleta, en ella habría una perturbación estructural o una laguna de conocimiento; en

la situación-solución *S2*, dicha perturbación o laguna, se compensan y representan estructuradamente (Wertheimer, 1991). *S2* es el logro de una *Gestalt* más completa, rica y articulada que *S1*. Wertheimer dijo:

> "Repitámoslo: la tesis afirma que las mismas directrices estructurales de *S1*, con su naturaleza concreta y peculiar, crean los vectores (con su dirección, calidad e intensidad) que a su vez conducen hacia los pasos y operaciones dinámicamente acordes con los requerimientos. Este desarrollo está determinado por el llamado principio de *Prägnanz*, las tendencias a la buena *Gestalt* y sus diversas leyes" (Wertheimer, 1991, p. 202).

Pensar productivamente es la clave para comprender y solucionar creativamente problemas relevantes. Pensando, se establecen, vinculan y disponen significativa y organizadamente los componentes de una situación-problema en pos de su solución. Ésta exige que se la visualice en una determinada configuración, considerando cómo pesan e interaccionan sus secciones entre sí y con la estructura abarcadora.

Wertheimer, subrayó la necesidad de entender y conocer las condiciones, principios y operaciones decisivas que posibilitan la originalidad y fecundidad científica. Fue un pionero de la actual psicología de la ciencia (Feist, 2006) que indagó y teorizó sobre los procesos cognitivos y creativos en el desarrollo histórico de la ciencia moderna (*v.g.* se ocupó de la ley de inercia en Galileo, la suma de series en Gauss). En tal sentido, uno de sus novedosos aportes, constituye la reconstrucción gestáltica del pensamiento creador de Einstein. Sobre el tema, Anna Wertheimer-Hornbostel comentó, en un manuscrito, que

Wertheimer estaba fascinado por la teoría de la relatividad y la forma de pensamiento que habría llevado a concebirla; de modo semejante, Einstein estuvo intrigado por el enfoque filosófico y psicológico de Wertheimer acerca de su propio modo pensar (Sarris, 2012). Igualmente, respecto de éste, dijo: “No es un hombre de erudición polvorienta, sino un hombre de pensamiento independiente y vivaz" (Einstein en Luchins, A. y Luchins, E., 1990). Cabe destacar, como hecho histórico, que el mismo Einstein sólo participó en dos investigaciones referidas a su genio creativo. Una fue la de Wertheimer (1991), la otra, la de J. Hadamard (1947) sobre la psicología de la invención en matemáticas, en la cual respondió por escrito. Igualmente, la inteligencia creativa de Einstein ha motivado diversos estudios, entre ellos se destaca los de G. Holton (1979; 1982) quien puso de relieve el pensamiento visual y la imaginación, negando protagonismo al pensamiento verbal y los de H. Gardner (1995; 2005) que le asignan un tipo de inteligencia, la lógico-matemática, a los procesos de pensamiento y logros innovadores.

Wertheimer en el capítulo *Einstein: el pensamiento que lo condujo a la teoría de la relativida*d de su libro póstumo *El pensamiento* productivo (Wertheimer, 1991) considera y analiza una serie de conversaciones que mantuvo con Einstein, las cuales atendieron, particularmente, cómo éste fue gestando y estructurando, en una nueva *Gestalt* o estructura conceptual, la teoría de la relatividad. Para ilustrar mejor y afianzar sus tesis, Wertheimer introdujo frases y comentarios de Einstein ya publicados. También se refirió, resumidamente, a teorías físicas y a su contexto histórico. Para alcanzar su propósito de investigación se orientó con preguntas-guía del tipo: *¿qué sucedía en el pensamiento de Einstein cuando éste trabaja y avanza de*

modo verdaderamente productivo? ¿Cuáles fueron los procesos, con sus pasos más destacables, involucrados en el origen de una de las ideas más innovadoras de la ciencia? ¿Dónde y cómo surgiría el destello de la creatividad en Einstein? (Wertheimer, 1991). Todo ello, en aras no sólo de elucidar el pensamiento productivo y la creatividad científica de Einstein sino también de mejorar el conocimiento genuino y la práctica más efectiva de este tipo de pensamiento, tanto en la ciencia como en el aprendizaje, la resolución de problemas y la vida cotidiana.

III

Wertheimer presentó su análisis e interpretación gestáltica del pensamiento productivo y creador de Einstein en una serie de diez actos integrados. Sobre la circunstancia de su labor expresó:

> "En un período maravilloso iniciado en 1916 tuve la fortuna de pasar horas enteras sentado junto a Einstein, a solas en su estudio, escuchando de sus labios la historia de los impresionantes acontecimientos que culminaron con la formulación de la teoría de la relatividad" (Wertheimer, 1991, p. 179).

Igualmente, advirtió que su exposición y reconstrucción psicológica excluiría cuestiones nodales vinculadas con el problema del éter o el principio de 'relatividad' enunciado por Galileo. Su propósito era examinar y valorar el proceso mental que conllevó la formulación de la teoría la relatividad. Desde el inicio del texto, Wertheimer aclaró que éste "será por fuerza una descripción condensada, a grandes rasgos; aun así, espero que el lector podrá llegar comprender un poco la naturaleza de los pasos decisivos" (Wertheimer, 1991, p. 179).

Acto I. *El comienzo del problema.* Inicia cuando Einstein tenía unos dieciséis años y se interesaba en el Politécnico Federal de Zúrich (*Eidgenösisconsiderche Tecnische Hochschule,* 'Instituto Técnico Federal') y abandonaba el estudio de las matemáticas puras para continuar con los de física. En la cual comenzaba a percibir que, a pesar de la sorprendente cantidad y variedad de datos experimentales, sus bases requerían de mayor lucidez e integración respecto de sus fundamentos (Bernstein, 2006). En ese tiempo, el joven Einstein se imaginaba o intuía visualmente cómo podría verse el mundo si se pudiera viajar a la velocidad de la luz o qué ocurriría con dicha velocidad si pudiese correr tras un rayo de luz en movimiento. Wertheimer destacó que, en los planteos visuales, se iban gestando una novedosa *Gestalt*, una situación-problema, la cual habría inquietado a Einstein durante unos siete años y que: "[…] desde el momento en que llegó a cuestionar el concepto tradicional de tiempo apenas si le llevó cinco semanas escribir su trabajo sobre la relatividad" mientras aún estaba, a jornada completa, en la Oficina de Patente (Wertheimer, 1991, p. 180). El acto I tuvo un origen un tanto difuso, difícil de reconstruir desde las entrevistas realizadas en 1916. No obstante, Wertheimer estimó que, en la raíz de la teoría de la relatividad, primó un *estado de perplejidad*, producto de los numerosos interrogantes que se habrían imaginado. Además, afirmó que la acción del pensamiento productivo de Einstein se orientó hacia la búsqueda estructurada de una configuración que incluiría a la postre, la correspondiente solución, desde la cual se avizorarían consecuencias extraordinarias. Einstein se habría dicho por entonces: "Sé qué es la velocidad de un rayo luminoso en relación a un sistema. Al parecer está claro cuál es la situación si se tiene en cuenta otro sistema, pero las

consecuencias son muy confusas y desconcertantes" (Wertheimer, 1991, p. 180).

Acto II. *¿La luz determina un estado de reposo absoluto?* Trata cuestiones teóricas y generales asociadas con experimentos lumínicos. Enfatiza que Einstein estaba, en cierto grado, convencido de que un sujeto no podría percibir si estaba -o no- dentro un sistema en movimiento. La inexistencia del "movimiento absoluto" podría ser factible y fundamentarse en la Naturaleza (Wertheimer, 1991). La luz y su medición se convirtieron en una cuestión capital para Einstein. En aquella época, el éter se concebía como conductor de los fenómenos eléctricos y la luz se propagaba a través de él. También el éter era la razón por la cual se mueve la Tierra. Sobre la importancia del éter, recientemente Alemán Berenguer apuntó:

> "Desde que fue introducido por Aristóteles en su sistema astronómico, la idea del éter –un medio sutil, invisible y sin peso que todo lo baña y atraviesa- demostró una inusitada capacidad para acomodarse a múltiples utilidades. Sirvió a Descartes en sus torbellinos cósmicos, a Newton en sus especulaciones sobre la transmisión de la gravedad, y a William Gilbert para un propósito semejante con respecto al magnetismo. No obstante, uno de sus usos recurrentes consistió en justificar la propagación de la luz a través del vacío sideral. […] Si consideramos que la luz es un fenómeno ondulatorio, ha de haber un medio cuyas vibraciones constituyan la luz en sí misma. Ese medio debía ser, sin duda, el 'éter lumínífero' que fascinó a los sabios durante casi trescientos años" (Alemán Berenguer, 2016, p. 114-115).

En este segundo acto, todavía no emergía, en el pensamiento de Einstein, la estructura conceptual necesaria para llenar lagunas de conocimiento físico y filosófico. Faltaba, todavía, más esfuerzo en la elaboración de la misma. Wertheimer le preguntó a Einstein, si en este momento él ya albergaba la idea de que la velocidad luz era constante. Obtuvo la siguiente respuesta: “No, era simple curiosidad. La noción de que la velocidad de la luz podía diferir, según fuese el movimiento del observador, resultaba de algún modo dudosa. Los acontecimientos posteriores acrecentaron esa duda. Esto era interesante, apasionante…” (Wertheimer, 1991, p. 181). Einstein estaba captando, cada vez mayor claridad, el problema de las propiedades ópticas de los cuerpos en movimiento.

Acto III. *Trabajar con la única alternativa.* Wertheimer considera las ecuaciones de Maxwell sobre el campo magnético y la velocidad de la luz. Einstein se esfuerza por ver internamente la relación entre la velocidad de la luz y el movimiento mecánico, pero, fuera cual fuese el camino que intentaba tomar para unificar los movimientos mecánicos con los fenómenos electromagnéticos encontraba obstáculos o dificultades en el marco de la situación-problema concebida. Una de sus inquietudes básicas fue plantearse qué ocurriría con las ecuaciones de Maxwell y con los hechos físicos si se asumiera consecuentemente que la velocidad de la luz era –o no- constante.

Acto IV. El experimento de Michelson y las ideas de Einstein[i]*.* Gira en derredor del experimento de Michelson-Morley cuyo resultado contradecía las expectativas normales y lógicas de la física imperante. No obstante, para Einstein, dicho resultado, aunque no era de por sí una realidad, fue congruente con sus imágenes originales

sin que, se vislumbrara en él aún, la situación-solución efectiva.

Acto V. *La solución de Lorentz.* Contempla la ingeniosa solución de H. Lorentz, quien desarrolló una teoría, formulada en términos matemáticos, para dar razón de lo ocurrido en el experimento de Michelson-Morley. Lorentz, en el marco de una *Gestalt* ya consolida y compartida por la mayoría de la comunidad de físicos, introdujo una hipótesis auxiliar cuando conjeturó que "[…] todo el aparato de medición sufría una pequeña contracción en la dirección del movimiento terrestre" (Wertheimer, 1991, p. 183). Sin embargo, en la configuración de Einstein, esta solución no satisfacía los criterios de una buena forma. La contracción en vez de ser una *hipótesis auxiliar*, para Einstein era una hipótesis *ad hoc*, por consiguiente, Lorentz no había dado con el meollo del asunto. A su vez, la contracción, aunque interpretada desde una física teórica diferente, fue un insumo importante para la relatividad especial de Einstein (Bernstein, 2006). En la cual, el tiempo se dilata y el espacio se contrae (Acín y Acín, 2016).

Acto VI. *Revisión de la situación teórica*. Trata de las observaciones que Einstein efectuó sobre el efecto Michelson. Wertheimer especifica: "Ahora todos los factores que intervienen y su interacción los percibe claramente" (Wertheimer, 1991, p. 184). En la mente creadora se sucedían orgánicamente preguntas y respuestas acerca de la estructura general y de los fundamentos de la física. A su vez, según Wertheimer, los resultados de los experimentos Michelson-Morley no coincidían con el cuerpo teórico de la física reinante. Mientras, el estado anímico de Einstein era tenso, al percatarse del desencaje entre teorías y datos experimentales, al mismo tiempo que se sentía motivado

intrínsecamente por hallar una solución. El punto crucial fue la velocidad de la luz. Einstein, no lograba poner totalmente en claro la profundidad y el alcance del problema teórico, el cual iba más allá de la contradicción entre los resultados esperados y los obtenidos por Michelson. Wertheimer propuso, para este cuarto acto, que determinadas zonas de la situación global no habían sido todavía visualizadas y diferenciadas con la debida claridad y buena forma. No obstante, en el genio de Einstein, el problema continuaría configurándose y las consecuencias resultantes irían minando los principios fundamentales con los cuales la mayoría de los físicos estaban comprometidos.

Acto VII. *Pasos positivos hacia el esclarecimiento.* Einstein piensa que la medición del tiempo implica simultaneidad; se plantea, en términos físicos, qué sucedería con dos hechos físicos que suceden simultáneamente en un mismo lugar o en lugares distintos. Al respecto, Wertheimer apeló al siguiente párrafo publicado por Einstein:

> “Caen dos rayos en lugares lejanos. Yo afirmo que ambos cayeron simultáneamente. Si ahora le pregunto, estimado lector, si esta aserción tiene sentido, usted contestará sin duda “Sí, sin duda”, pero si lo insto a que me aclare más el significado de este aserto, tras reflexionar un poco descubrirá que responder a esta pregunta no están sencillo como parecía en un primer momento. Al cabo de un rato se le ocurrirá quizá la siguiente respuesta: El significado del aserto es de por sí claro y no requiere mayor esclarecimiento. Por supuesto, necesitaría hacer algunos cálculos si usted me pide que decida, por medio de la observación, si en un caso concreto los dos efectos fueron

> verdaderamente simultáneos o no" (Einstein en Wertheimer, 1991, p. 185).

Todo sistema tendría valores específicos de tiempo y espacio**.** Un juicio sobre el valor temporal o espacial tendría sentido si se conoce el marco referencia: "[…] las mediciones del espacio y del tiempo dependen del movimiento del sistema" (Wertheimer, 1991, p. 187).

Acto VIII. *Las invariantes y la transformación*. Dos vectores dirigirán el campo mental de Einstein, los cuales conducirán hacia una misma cuestión:

> "1) El sistema de referencia puede variar y elegirse de manera arbitraria, pero si quiero llegar hasta las realidades de la física debo liberarme de tal arbitrariedad. Las leyes básicas deben ser independientes de toda coordenada elegida de forma arbitraria. Si se quiere llegar a describir sucesos físicos, las leyes básicas de la física deben ser invariantes respecto de tales cambios […]
>
> 2) […] no basta percibir la interdependencia interna entre la medición del tiempo y el movimiento. Lo que hace falta ahora es una fórmula de transformación que responda a este interrogante: '¿Cómo hallamos los valores de lugar y de tiempo de un suceso respecto de un sistema en movimiento, si conocemos los lugares y los tiempos medidos dentro de otro sistema? O mejor dicho, ¿cómo hallamos la transformación de un sistema en otro cuando ambos se mueve de forma interrelacionada?" (Wertheimer, 1991, p. 187-188).

A Einstein no le habría bastado percibir la interdependencia interna entre la medición del tiempo y el movimiento. El paso subsiguiente fue precisarlo en una

ecuación de transformación, con la cual se resolviera esa situación-problema. Por consiguiente, le habrían inquietado interrogantes del siguiente tenor:

> *"¿Cómo hallamos valores de lugar y de tiempo de un suceso respecto de un sistema en movimiento, si conocemos los lugares y los tiempos medidos dentro de otro sistema?* O, mejor dicho*: ¿cómo hallamos la transformación de un sistema en otro cuando ambos se mueven de manera interrelacionada?"* (Wertheimer, 1991: 187-188).

De manera semejante con lo sucedido en los actos II y III, Einstein deliberaba: *¿cómo sería la física si la velocidad de la luz, en todas las condiciones posibles, fuese un mismo valor, fuese constante?* En este octavo acto, se comprendería plenamente que un cambio de perspectiva, una nueva *Gestalt*, era deseable y viable en la física. Wertheimer preguntó: *"¿Cómo habría llegado a elegir precisamente la velocidad de la luz como constante? ¿Habría sido una elección arbitraria?"* (Wertheimer, 1991, p. 188). Si bien estaba a la vista que los experimentos de Michelson demostraban la ausencia de variaciones en la velocidad de la luz, las preguntas apuntaban a pesquisar mejor los puntos nodales del origen de la teoría de la relatividad. A Wertheimer le interesaba saber si la elección de Einstein habría sido causal o arbitraria. La respuesta de éste fue contundente: los axiomas de una teoría se eligen libremente. No obstante, Einstein hizo una salvedad, que marca una diferencia fundamental para el contexto de descubrimiento de la teoría de la relatividad: se parte de axiomas razonables. La elección de axiomas no sería azarosa, se vincula con la claridad en el campo de la conciencia. La virtud de los axiomas propuestos sería suministrar proposiciones fundamentales, desde las cuales se deducen conclusiones empíricas, las cuales se corresponderían -o no- con los hechos. Wertheimer

subrayó que los axiomas de Einstein fueron el resultado de una compresión previa que obedecía a los principios de la re-estructuración de una situación-problema en una situación-solución. Einstein le dijo: “Por supuesto, podríamos elegir la velocidad del sonido en vez de la velocidad de la luz. Sin embargo, lo lógico es elegir la velocidad de un proceso ‘relevante’ y no la de ‘cualquier’ proceso” (Wertheimer, 1991, p. 189). Al respecto Wertheimer comentó: “Fue una experiencia maravillosa oírle describir a Einstein cómo habían tomado forma en su mente estos interrogantes y expectativas audaces. Nunca hasta entonces se había concebido la posibilidad de ir más allá de ese límite exigiría fuerzas infinitamente grandes” (Wertheimer, 1991, p. 189). Los axiomas rectores de Einstein esclarecían mejor el novedoso sistema físico en ciernes, le quedaba a Einstein demostrar si tendría sentido tomar la velocidad de la luz como constante básica. En suma, antes de que entraran en el pensamiento de Einstein proposiciones bien formuladas, hacía ya mucho tiempo que la situación anidaba y desplegaba en su mente. En cuanto a la velocidad de la luz y otros temas conexos, aún -en este acto- le parecían estructuralmente cuestionables, Einstein se hallaba en un estado de transición de una vieja a una nueva *Gestalt*. Los axiomas de la teoría de la relatividad fueron sólo una formulación ulterior, el producto de un proceso estructurado paso a paso. Einstein enunció sus axiomas cuando se produjo en él una reestructuración completa, la cual condujo a visualizar y formular su original contribución. A Wertheimer, como psicólogo del pensamiento, le interesó sobremanera analizar y ejemplificar cómo y cuándo se introdujeron los axiomas fundantes de la relatividad. Los mismos no figuraban en el inicio del proceso productivo y creador, sino que serían su desenlace. Las derivaciones a las que arribó Einstein,

a partir de sus fórmulas de transformación, coincidieron matemáticamente con Lorentz. Por consiguiente, la hipótesis sobre la contracción estaba bien orientada. La contracción einsteiniana no era, pues, un suceso absoluto sino la consecuencia de la relatividad de las mediciones: no estaba determinada por un "movimiento que en sí mismo no tiene sentido alguno para nosotros, sino tan sólo por un movimiento con referencia al sistema de observación elegido" (Wertheimer, 1991, p. 189).

Acto IX. *Sobre el movimiento y el espacio.* Realza la percepción de Einstein sobre el movimiento, el cambio de posición respecto de: 1) otro objeto, 2) un marco de referencia y 3) un sistema en general. De un solo cuerpo no tendría sentido preguntarse si está o no en movimiento. Lo fundamental del movimiento es el "cambio de posición respecto de otro objeto, un marco de referencia o un sistema" (Wertheimer, 1991, p. 189). Wertheimer, en este acto, manifestó que su indagación sólo se circunscribiría a la formulación de la relatividad restringida y no de la global. Por tanto, sólo hace un boceto de la situación atribuyendo relevancia a cómo Einstein habría percibido como componente principal, el marco de referencia de los objetos en movimiento. El principio de la relatividad de Galileo y la invariancia de la velocidad de la luz fueron los principales componentes conceptuales que Einstein adoptaría como axiomas de la relatividad restringida (Acín y Acín, 2016).

Acto X. *Cuestiones para observar y experimentar*. Evidencias características de la mentalidad de Einstein que, como físico, estuvo siempre bien dispuesto a medir y experimentar las consecuencias derivadas de los axiomas, los cuales no fueron, como se expuso, producto del antojo ni del ensayo y error azaroso. En este acto, la tarea fundamental y decisiva fue la necesidad de la

contrastación empírica de la nueva estructura de la física concebida por Einstein, quien adhirió al método actualmente denominado hipotético-deductivo (Einstein, 1955; Holton, 1985). Wertheimer, en pie de página, incorporó el siguiente comentario de Einstein: "No estoy seguro de que pueda haber un modo de comprender realmente el milagro del pensamiento. Sin duda, usted tiene razón al tratar de llegar a una comprensión más profunda de lo que ocurre en realidad en un proceso de pensamiento…" (Wertheimer, 1991, p. 191). Por último, en una carta enviada a Hadamard y publicada en un apéndice (Hadamard, 1947), Einstein observó: "El profesor Max Wertheimer ha intentado investigar la distinción entre la simple asociación o combinación de elementos reproducibles y el entendimiento (*organisches Begreifen*). No puedo juzgar hasta qué punto su análisis psicológico llega a captar lo esencial" (Einstein en Hadamard, 1947, p. 234).

CONSIDERACIONES FINALES

Wertheimer entrevistó a Einstein con el fin de comprender e ilustrar, desde la *Gestalttheorie*, características distintivas y decisivas del pensamiento productivo, del genio y acto creador, en el desarrollo de la ciencia. Su contribución contrastó con los enfoques lógico-clásico y asociacionistas imperantes. Aunque su trabajo no se limitó al contexto de descubrimiento de la teoría especial de la relatividad, una nota distintiva del mismo fue que contó con la participación del propio Einstein. En tal sentido, Wertheimer se propuso representar, en un cuadro total, los principales hitos que estructuradamente habrían fraguado el pensamiento que lo condujo a concebir su destacada teoría. Mediante la reconstrucción gestáltica de actos y condiciones psicológicas puso de relieve su interpretación del proceso creador implicado.

Así, los axiomas de la nueva física Einstein son vistos como el producto final de un conjunto de operaciones cognitivas que satisfacen los requerimientos de una situación-problema contextualizadora, la cual se presenta en la conciencia como visualización de un todo unitario determinado por principios generales de la forma, como el principio de pregnancia y su tendencia hacia formas más estables, ricas y complejas. Pensar, como percibir, es captar una estructura conforme a principios de la forma. El pensamiento productivo es un cambio estructural no-acumulativo de transformaciones globales, contrasta con el pensamiento reproductivo de carácter asociativo.

Wertheimer insistió en que la mente creativa de Einstein, esencialmente, no se encauzó por el camino de la formulación verbal, sino que fue el fruto de invisiones, cada vez de más ricas y de mayor complejidad. Así, en el curso de los años, el nivel de comprensión que Einstein alcanzaría, muestra según Wertheimer, que los pasos cognitivos relevantes fueron, en realidad, partes integradas y articuladas de una forma que se va desarrollando significativa, estética y coherentemente. Estas partes articuladas entre si y subordinadas a la situación, emergen, funcionan y tienen sentido sólo en el marco de un proceso global, el cual es típico de todo fenómeno psicológico. Las conquistas de Einstein no habrían sido resultados desunidos, como si se tratara de una suma inconexa de los mismos. La figura y naturaleza de su pensamiento creador respondería mejor a la descripción y entendimiento gestáltico. La relatividad restringida fue, por tanto, el fruto de la organización y reorganización de formas indivisibles, cuyas conquistas sólo tienen valor y significado con relación a la estructura a la que corresponden. Los problemas científicos, que iba planteando, afrontando y resolviendo Einstein, los

visualizaba en una situación-problema, los elementos se relacionaban orgánicamente entre sí y con dicha situación (por ejemplo, la velocidad de la luz, la realidad física de la Naturaleza, los experimentos de Michelson-Morley y las ecuaciones de Lorentz y de Maxwell). La solución novísima de Einstein se produjo cuando se integraron dinámicamente las tensiones vectoriales de la situación-problema con la correspondiente situación-solución, la cual fue una estructura más rica, estable y compleja. Las nuevas visualizaciones expresan la compresión estructural interna, producto de tensiones y deformaciones emergentes. Una vez introducida, imaginada y pensada la cuestión de viajar a la velocidad de la luz, el joven Einstein concibe, cada vez con mayor claridad y precisión el problema que le llevará años modelar. Su creatividad consistió en obtener, paso a paso, laboriosa y fructíferamente una nueva *Gestalt* en el campo de la física teórica. Los axiomas de Einstein responden a configuraciones cada vez más elaboradas, a partir de las cuales surge una nueva comprensión, por ejemplo, cuando se focalizó en el problema de la simultaneidad. Wertheimer coincide con Einstein, no habría un camino lógicamente necesario que conduzca al establecimiento de los axiomas de una teoría científica. En su lugar, Wertheimer mostró que la estrategia de Einstein consistió en un conjunto de intentos organizados. La falta de necesidad lógica en el nacimiento de los axiomas no implicaría atribuir falta racionalidad o irracionalidad al contexto de descubrimiento. Las experiencias inmediatas son dadas como percepciones; de los axiomas se deducen proposiciones contrastables respecto de una base empírica.

El pensamiento de Einstein incrementaba su originalidad y discernimiento al captar los rasgos y exigencias estructurales de la situación-problema**.** Los componentes

de la misma no funcionan separadamente, los ordenamientos y reordenamientos tienen sentido conforme se visualiza que la situación-problema que se completa y cambia según determinada solución, la cual refleja una síntesis creativa interna. Los componentes, más cohesionados, se complementan unos con otros dentro de la estructura común, en términos generales, la nueva forma o *Gestalt* será más acertada. La solución completa el problema, los requerimientos estructurales se completan. Wertheimer, desde la *Gestalttheorie*, demostró la importancia y función del pensamiento visual en la génesis de la teoría de la relatividad. La visualización fue crucial en el contexto de descubrimiento de Einstein, por ejemplo, cuando se imaginaba viajando a la velocidad de la luz y sus famosas idealizaciones y experimentos mentales. La habilidad de pensar en imágenes fue una gran ayuda para plantear y resolver problemas de la nueva física en ciernes. Wertheimer identificó y teorizó sobre un problema relevante de la psicología: la naturaleza del pensamiento productivo y la creatividad científica, sus observaciones sobre cómo afrontarlo, investigarlo y fundarlo continúan vigentes. Su legado constituye un verdadero antecedente de la investigación actual interesada en comprender y explicar los mecanismos mentales implicados en el avance de la ciencia. El enfoque de la *Gestaltpsycologie,* centrado básicamente en el individuo, constituye un valioso insumo, particularmente, se lo enlaza y establecen vínculos interteóricos con exploraciones psicológicas más recientes acerca de la creatividad científica, por ejemplo, con el *modelo de sistemas* de Mihaly Csikszentmihalyi, que al unísono sobre la creatividad tanto al individuo como el estado y nivel de organización del *campo de conocimiento* disciplinar y la dinámica del *ámbito* que nuclea a los expertos que analizan y ponderan la

contribución original. La filosofía y psicología de la ciencia se han beneficiado por los aportes de Wertheimer referidos al pensamiento productivo y la creatividad científica.

REFERENCIAS

Acín, A. y Acín, E. (2016), *Persiguiendo a Einstein*. *De la intuición a las ondas gravitacionales*, Barcelona: Batiscafo.

Alemán Berenguer, R. (2016), *El paradigma de Einstein y la controversia sobre la teoría de la relatividad.* Córdoba (España): Guadalmazán.

Bernstein, J. (2006), *Einstein. El hombre y su obra.* México: McGraw-Hill.

DelVal, J. (comp.) (1977), *Investigaciones sobre lógica y psicología*, Madrid: Alianza.

de Vega, M. (1984*), Introducción a la psicología cognitiva*, Madrid: Alianza.

Einstein, A. (1955), *Letters to Solovine 1906-1955,* New York: Open Road.

Ellis, W.D. (ed.) (1938), Source Book of *Gestalt* Psychology, New York: Harcourt, Brace & Company.

Feist, G. (2006), *Psychology of Science and the Origins of the Scientific Mind*, New Haven & London: Yale University Press.

Fuller, S. (2000), *Thomas Kuhn: A Philosophical History of Our Times*, Chicago: Chicago University Press.

Gardner, H. (1987), *La nueva ciencia de la mente*. *Historia de la revolución cognitiva*, Buenos Aires: Paidós, 1987.

----- (1995), *Mentes creativas. Una anatomía de la creatividad vista a través de las vidas de Sigmund Freud, Albert Einstein, Pablo Picasso, Igor Stravinsky, T.S. Elliot, Marta Graham, Mahatma Gandhi,* Barcelona: Paidós.

----- (2001), *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*, México: Fondo de Cultura Económica.

Guillaume, P. (1969), *Psicología de la forma*, Buenos Aires: Psique.

Hadamard, J. (1947), *Psicología de la invención en el campo matemático*, Buenos Aires: Espasa-Calpe

Hergenhahn, B. (2011), *Introducción a la historia de la psicología*, 6ta. edición, México: CENGAGE Learning.

Holton, G. (1979), "What, Precisely, is 'Thinking'? Einstein's Answer", *The Physics Teacher* 17(3): 157-164.

----- (1982), *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein*, Madrid: Alianza.
----- (1985), *La imaginación científica*, México; Fondo de Cultura Económica.
Humphrey, G. (1924), "The Theory of Einstein and the "*Gestalt-Psychologie*: A Parallel", *The American Journal of Psychology* 35 (3): 353-359.
Kandel, E.R. (2007), *En busca de la memoria: nacimiento de una nueva ciencia de la mente*, Buenos Aires: Katz.
Koffka, K. (1973), *Principios de psicología de la forma*, Buenos Aires: Paidós.
Köhler, W. (1927), *The Mentality of Ape*, New York: Harcourt, Brace and Company.
----- (1948) *Psicología de la forma*, Buenos Aires: Argonauta.
----- (1962), *Dinámica en psicología*, Buenos Aires: Paidós.
Köhler, W., K. Koffka y F. Sander (1963), *Psicología de la forma*, Buenos Aires: Paidós.
Leahey, Th. (1998), *Historia de la psicología*, 4ta. edición, Madrid: Prentice Hall.
Luchins, A.S. y Luchins, E.H. (1990), "The Einstein-Wertheimer Correspondence on Geometric Proofs and Mathematical Puzzles", *The Mathematical Intelligencer* 12(2): pp. 35-43.
Madden, E.H. (1952), "The Philosophy of Science in *Gestalt* Theory", *Philosophy of Science* 19: 228-238.
Pozo, J.I. (1994), *Teorías cognitivas del aprendizaje,* Madrid: Morata.
Pucciarelli, E. (1948), "Prólogo", en W. Köhler (1948), pp. 7-15.
Sander, F. (1963), "Estructura, totalidad de experiencia y *Gestalt*", en W. Köhler, K. Koffka y F. Sander (1963), pp. 94-129.
Sarris, V. (2012), "Epilogue: Max Wertheimer in Frankfurt and Thereafter", en L. Spillmann (2012) (ed.), pp. 253-265.
Spillmann, L. (2012), *On seen Motion and Figural Organization. Max Wertheimer.* Cambridge: The MIT Press.
Tortosa, F. y Civera, C. (2006), *Historia de la Psicología*, Madrid: McGraw-Hill.

von Bertalanffy, L. (1976), *Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*, México: Fondo de Cultura Económica.

Wertheimer, M. (1924) "*Über Gestalttheorie*", *v.i.* en Willis D. Ellis (ed.) (1938), pp: 1-11.

----- (1944), *Gestalt Theory* (with a Foreword by Kurt Riezler), *Social Research* 11:1/4: pp. 78-99.

----- (1991), *El pensamiento productivo*, Barcelona: Paidós, 1991.

Westheimer, G. (1999) "*Gestalt* Theory Reconfigured: Max Wertheimer's Anticipation of Recent Developments in Visual Neuroscience", *Perception* 28: pp. 5-15.

NOTA: Jeremy Bernstein, décadas después que Wertheimer, al referirse al experimento de Michelson-Morley, comentaría que la mayoría de los estudios sobre la teoría de la relatividad lo presentaban como su fundamento y punto de partida. Basado en la investigación, Bernstein mostró que dicho experimento no se menciona en el primer artículo, de 1905, sobre la relatividad de Einstein, sólo se hace referencia a este tipo experimentos de un modo general, sin citar específicamente a Michelson y Morley. Igualmente, incluyó un extenso párrafo de una carta del propio Einstein, extraída por el físico e historiador G. Holton de los archivos de Einstein (Universidad de Princeton), en la cual no atribuyó gran influencia al experimento de Michelson-Morley. Por consiguiente, Bernstein consideró razonable mejor suponer que, en esa época (coincidente con el acto IV de Wertheimer) Einstein o no conoció el experimento o, si lo conocía, éste le habría impresionado poco. Por último, habría coincidencia con la reconstrucción psicológico-gestáltica de Wertheimer cuando concluye: "Independientemente del efecto que el experimento de Michelson-Morley pudo haber tenido en Einstein, no hay duda de que sí influyó sobre sus científicos contemporáneos. Se quedaron perplejos. Se tambaleaba la base mecanicista de la interpretación por medio del éter de las ecuaciones de Maxwell. Fue un momento de heroicos esfuerzos especulativos" (Bernstein, 2006, p. 27). Por su parte, en línea con Bernstein, Rafael Alemán Berenguer, al tratar la cuestión histórica del éter en tiempos de Einstein, dijo: "No son pocos los textos que presentan el experimento de Michelson y Morley como el golpe definitivo causante del derrumbamiento general de la física clásica. Un experimento cuya explicación cabal requirió años después la elaboración de una nueva concepción del espacio y del tiempo como la ofrecida por la Relatividad Especial. No obstante, ninguna de estas

dos afirmaciones se corresponde estrictamente con los hechos, pues no existía una verdadera atmósfera de crisis en la comunidad científica (mucho más preocupante resultaba el problema del cuerpo negro, que a la postre conduciría hasta el nacimiento de la física cuántica), ni Einstein se sintió urgido por la necesidad de dar explicación a un experimento concreto cuando expuso su genial teoría" (Alemán Berenguer, 2016, p. 131).

* * *

16. Revisando las prácticas científicas de Galileo

Juan Redmond y Rodrigo López[55]

Para el desarrollo de una física eficaz hubo que superar tanto la aversión aristotélica hacia las matemáticas como el apego platónico a la exactitud. La imprecisión controlada es un ingrediente insoslayable del rigor científico.
(Torretti 2007: 194)

Resumen: En este trabajo nos proponemos presentar algunos elementos de análisis a favor del protagonismo que la imaginación y los experimentos mentales tienen en la construcción de la física moderna en la obra *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuove scienze* (1638) de Galileo Galilei. De algún modo este trabajo pretende mostrar que el peso de las mayores contribuciones de Galileo no está puesto en la noción de experimentación. En efecto, en su distanciamiento de las contribuciones de Aristóteles a la física y la astronomía y la acérrima defensa de los aristotélicos de su tiempo, no es la "experimentación" la que le da los nuevos conocimientos sino un ejercicio mental incisivo y mordaz. Y que no va más allá en muchos casos de un recorrido imaginativo de las ideas como las que realizaba el mismo Aristóteles. Incluso en algunos casos no se trata de otra cosa que de pruebas lógicas por el absurdo como en el caso de las dos piedras de diferente peso que caen separadas y luego caen juntas (tema de un futuro artículo).

Para el caso que nos ocupa intentaremos mostrar que la exclusión de la consideración de la masa (o peso) en el análisis del movimiento de caída libre no responde sino a una proyección imaginativa sobre la base de un experimento mental que tiene al *vacío* y el *infinito* (dos imposibles para Aristóteles) como ejes principales.

[55] Facultad de Filosofía – Universidad de Valparaíso, Chile

Finalizaremos con la presentación de una prueba de Galileo de la necesidad de omitir la masa por la solo vía de la argumentación lógica.

Palabras clave: Galileo Galilei, imaginación, experimentación, experimento mental.

Esquema:

1. De cómo llega Galileo a prescindir de la masa en su análisis del movimiento de caída libre. Su prueba como ejercicio mental (**vacío** [que asume como posible] e **infinito** [proyección al límite de las condiciones]).
2. Análisis de la 1ra Jornada de los “Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuove scienze” (1638) en la versión francesa de Maurice Clavelin (PUF 1995), a partir de 105.

1. Luego del análisis en torno a “la resistencia de los cuerpos a la ruptura” en la primera mitad de la primera jornada, Galileo propone que Salviati y Simplicio asuman un diálogo donde el segundo presente el argumento de Aristóteles en contra del vacío y el primero lo comente (105). Allí es donde comienza la segunda mitad del discurso de la primera jornada y su tema central será el movimiento de los cuerpos. En efecto, Salviati hace notar que el argumento del estagirita está dirigido contra ciertos filósofos anteriores a él que defendían la idea de que el movimiento no sería posible sin el vacío. Aristóteles, por el contrario, se propone probar que la existencia del movimiento hace imposible el vacío. El argumento de Aristóteles, señala Simplicio, gira en torno a dos supuestos: (i) cuerpos de peso diferente moviéndose en un mismo medio y (ii) un mismo cuerpo moviéndose en diferentes medios. Nota: Aquí aparece la novedad, desde nuestro punto de vista, en el momento que Galileo

considera *dos cuerpos diferentes en dos medios diferentes*.

Respecto de cuerpos de diferente peso moviéndose en un mismo medio afirma (i.i) *que lo realizan con diferentes velocidades* y (i.ii) *que la desigualdad de velocidades es proporcional a la desigualdad de los pesos*. Respecto de esto último afirma que un cuerpo diez veces más pesado que otro caerá diez veces más rápido. En el segundo caso señala que las velocidades de caída serán inversamente proporcionales a la densidad o espesor del medio. En efecto, señala Simplicio, si observamos la caída de un mismo cuerpo en el agua y en el aire, la velocidad en el aire será diez veces superior tanto así como la densidad del agua es diez veces superior a la del aire. De este segundo caso Aristóteles, según Simplicio, saca la siguiente conclusión: puesto que mientras que a menor densidad hay un aumento proporcional de la velocidad, en el vacío ese cuerpo debería moverse de modo instantáneo. Y como esto es imposible, entonces también lo es el vacío.

Comentarios

1. Suponemos que la expresión “movimiento instantáneo” es una *contradictio in adjecto*. Puesto que el vacío haría posible algo así como que un cuerpo ocupe la posición inicial y la final al mismo tiempo.
2. Simplicio mismo señala que Aristóteles funda su argumento en supuestos. No queda claro si esto refuerza la idea de que Aristóteles no experimentaba.
3. Es notable que Aristóteles usara una relación de proporción tan comprometida con una perspectiva cuantitativa del análisis de los hechos naturales.

4. Cabe notar que sorprendentemente Aristóteles proyecta condiciones al infinito. Si cada vez es más delgado el medio (menos denso y/o viscoso diríamos en nuestros días) y la velocidad aumenta cada vez más, en el infinito ambas se vuelven imposibles: primero la velocidad instantánea y por ende el vacío.
5. La negación del vacío es una conclusión lógica, no el resultado de una experiencia directa.
6. Respecto de 4 completo con lo siguiente: parece que ambos hicieron el mismo ejercicio mental pero en Galileo no conduce al imposible de movimientos instantáneos sino a "ignorar la diferencia de masas (siguieno a Torretti)".

A continuación Salviati comenta lo siguiente: que Aristóteles ha realizado una *falacia ad hominem*, es decir, contra sus adversarios. Y se explica del siguiente modo: que incluso considerando que no hay movimiento en el vacío, no por ello destruyo la *hipótesis* del vacío. Finalmente decide que lo mejor es negar ambas suposiciones de Aristóteles al mismo tiempo (ver i.i y i.ii más arriba). Y para ello pone en duda que Aristóteles haya realizado realmente las experiencias de las que habla en su argumento. Y a continuación ejemplifica: si dejo caer dos piedras cuyo peso difiere diez veces, desde una altura de 100 unidades (habla de codos pero podemos considerar metros), difícilmente se observe que la más pesada llegue al piso cuando la otra solo lleve de caída la décima parte (diez metros).

Comentarios

1. En primer comentario corresponde a la crítica que el mismo Galileo dirige contra Aristóteles

acusándolo de no haber realizado las experiencias de las que habla en su argumento. Pero la propuesta que ofrece Galileo tampoco emerge de una experimentación directa con la realidad sino de un ejercicio mental.

2. En efecto sabemos que Aristóteles debería haber "experimentado" con más precisión. Como lo hizo Galileo. Pero queda claro también que Aristóteles no se proyecta inferencialmente *ex nihilo* sino desde un conocimiento experimental que a la luz de sus limitaciones podemos calificar de básico o insipiente.
3. Queda claro también que la siguiente experiencia es correcta: si dejo caer la misma piedra en agua, luego en aceite de oliva y finalmente en el aire, en el mismo orden la velocidad de caída irá aumentando (y *la diferencia de velocidades*, si se trata de dos cuerpos de masa diferente, irá disminuyendo). Con que otro líquido pudo haber experimentado Aristóteles?

A modo de conclusión: el caso límite de una prueba solo por vía de la argumentación lógica.

Simplicio hace notar respecto de esto último que Aristóteles habla de "ver" los cuerpos y que por ello debe haber una experiencia por detrás (parece referirse a Física IV, 8, 215 a 25). Pero Sagredo continúa afirmando que él sí ha realizado una experiencia (*107*) que refuta el segundo supuesto (i.ii): una bala de cañón y otra de artillería diez veces más liviana, no presentan mayor diferencia en distancia una de la otra al momento de tocar

suelo[56]. Lo que es notable es que a continuación Salviati proponga pasar más allá de las experiencias al ejercicio puro de la argumentación lógica. En efecto, Galileo afirma a través de Salviati que se puede "probar" algo más allá de todo experimento, es decir, por un mero análisis cualitativo del caso en cuestión. En particular se propone probar que "un cuerpo más pesado no se mueve más rápido que uno menos pesado" a condición de que su materia sea la misma[57]. El argumento es interesante y se propone, según nuestro punto de vista, destruir el argumento de Aristóteles por el absurdo. Es decir, llevando a contradicción los supuestos de Aristóteles. El argumento corre así: Simplicio admite que la velocidad de caída de un cuerpo se vería alterada por efecto de una acción externa (concesión inicial). Si dejamos caer dos piedras de diferente peso y observamos que la primera cae con velocidad 8 y la segunda 4, qué pasaría si las juntamos, es decir, si con ambas hacemos una sola? De acuerdo con la concesión inicial de Simplicio (Aristóteles), la piedra más pequeña debería ralentizar a la más pesada y la velocidad final será menor a 8. Pero según estos mismos supuestos, la nueva piedra –que es mayor que la de 8- debería caer con velocidad mayor a 8. La contradicción es evidente para Galileo y da por efectiva

---

[56] Es curioso esta experiencia pues en realidad no prueba nada salvo que alguien pudiera considerar la caída desde el punto más alto que alcanza el objeto en su movimiento parabólico y solo teniendo en cuanta el "eje de las ordenadas" del movimiento. Cualquier soldado de la época sabía que el alcance de la munición (para un mismo ángulo de tiro) guardaba proporción con la cantidad de pólvora prevista para el disparo. Jugando con estas cantidades podría lograrse que las distancias entre ellas al momento de tocar el suelo variara enormemente.

[57] Diríamos aquí, siguiendo a Torretti (*viva voce*), que lo que se propone Galileo no es realizar una prueba sobre la base de que la masa está ausente, sino probar que la "diferencia de masas" no afecta la velocidad final.

su prueba. Es lo que podríamos llamar un procedimiento analítico. Si bien hablamos de cuerpos que caen, distancias y velocidades, no fue preciso ir al campo de experimentación para probar que este supuesto es erróneo.

Para finalizar traemos la carta de Fulgenzio Micanzio dirigida a Galileo el 17 de julio de 1632 donde consta por primera vez la convicción de la ausencia de todo lazo entre la diversificación de las velocidades en el movimiento natural libre y la gravedad respectiva de los móviles (por gravedad entiendo “el peso”). Opere di Galileo Vol XIV pág. 364).

Venezia, 23 settembre 1634.

Bibl. Naz. Fir. Mss. Gal., P. VI, T. XII, car. 81. – Autografa.

Molt'Ill.re Sig.r Col.mo

Mi capita la sua gratissima di 9.

La seconda postilla[440] havuta intiera è cosa divina. Io stimo più la sola demostratione, che l'aggionta di gravità *in eadem specie* non possi accrescere velocità, che quanto del moto ha scritto Aristotele. Altro è specolar così la natura, che l'andare per li *per se*, *per accidens*, e perdersi in termini. Séguiti, la prego, e mi honori della participatione.

Le manne non sono gionte: è necessaria la pacienza.

Mando la scatola de' vetri: un amico, della professione, mi dice esser del più puro c'habbi potuto ritrovare. Ordinai che anco de' nuovi mi fossero fatti, puri quanto si può, ma si depose il lavorare que' giorni: si ripigliarà doppo S. Francesco, e ne mandarò.

Da Bologna mi scrivono esservi l'incudine[441], et haverne dato conto a V. S. per la difficoltà del mandarlo: mi pare che lo facciano di l. 400; sarebbe cresciuto per strada, invece di tarlarsi. Tocca al suo compare fabro dar ordine per la condotta.

L'Ecc.mo Sagredo[442] si va ricoverando dalla sua mala fortuna, di che V. S. deve essere già informata[443]. Hora è fatto Podestà di Padova, che è un grado per salir di nuovo su la scala. L'Ecc.mo Venier[444] parla di lei colla bocca di zucaro: altra opposizione non ci è che l'havere lasciato il luoco, che certissimo l'haverebbe resa sicura dall'ingiustitie e persecutioni patite. Quanto alla gloria, V. S. è in stato che tutto lo sforzo della malignità non li può nuocere. Il mondo aspetta le altre sue speculationi, le quali forsi non starano male sparse nelle postille: io vi moro dietro. Et a V. S. molto Ill.re et Ecc.ma bacio le mani.

Ven.a 23 7mbre 1634.
Di V. S. — Dev.mo Ser.
Ecc. Galileo — F. Fulgentio.

TRADUCCIÓN
Venezia , 23 de septiembre de 1634.
Biblioteca Nacional de Firenze. Mss. Gal. P. VI, T. XII. Car. 81.- Autógrafa.
Muy Ilustrísimo Señor
Recibo su gratísima del 9.

La segunda apostilla recibida entera es cosa divina. Yo estimo más la sola demostración, de que el aumento de gravedad en la misma especie no puede aumentar la velocidad, que cuanto ha escrito Aristóteles acerca del movimiento. Otra cosa es especular con la naturaleza, que el ir por los *per sé, por accidente,* es perderse en términos. Continúe, le ruego y hónreme por la participación.

El maná no ha caído: se requiere paciencia. Envío la caja de los vidrios: un amigo de la profesión me dice que es del más puro che haya podido encontrar. Ordené che me fuesen hechos también nuevos, todo lo puros que sea posible, pero dejó de trabajar en esos días: retomará después de San Francesco y los enviaré.

Desde Bologna me dicen que está el yunque, y que han informado a Su Señoría de las dificultades para enviarlo: me parece que lo hacen de 1. 400; habría aumentado por el camino, en vez de disminuir. Corresponde a su compadre herrero dar la orden para el envío.

El Excelentísmo Sagredo se está recuperando de su mala fortuna, de lo cual Su Señoría ya debe estar informado. Ahora se ha convertido en Podestà de Padova , lo cual es un grado para subir de nuevo en la escala. El Excelentísmo Venier habla de usted con la boca llena: no hay otra oposición que el haber dejado el lugar, que ciertamente lo habría dejado al seguro de las injusticias y persecuciones padecidas. En cuanto a la gloria, Su

Señoría está en el estado en el cual toda la fuerza de la malignidad no le puede hacer daño. El mundo espera sus otras especulaciones, las cuales tal vez no estarían mal esparcidas en las apostillas: yo me ubico detrás. Y a Su muy Excelentísima e Ilustrísima Señoría beso las manos.

Viernes 23 de noviembre de 1634.

De Su Señoría Excelentísimo Galileo

Devotísimo Servidor

F. Fulgencio.

REFERENCIAS

Aristóteles (2007). Física. Madrid, Editorial Gredos.

Galilée (1995). *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles.* Maurice Clavelin. Paris, PUF.

Le Opere di Galileo Galilei (1812-1836). Vol. XIV. Firenze, Società Editrice Fiorentina.

Torretti, R. (2007). De Eudoxo a Newton: modelos matemáticos en la filosofía natural. Santiago, Chile, Universidad Diego Portales.

* * *

17. Creatividad

Dante Roberto Salatino[58]

Resumen: El objetivo de este trabajo es mostrar un verdadero panorama psíquico, tanto de la creatividad como del proceso creativo, donde quiera que estos se den. Aquí se enfocará la creatividad cual si fuera un lenguaje. Enfoque semiótico que permitirá resaltar el hecho de que la creatividad analizada en el ámbito científico (creación de una teoría) no depende del contexto del descubrimiento, ni tampoco del contexto de justificación, sino de una serie de aspectos fundamentales que en nada la distinguen de, por ejemplo, la creatividad artística. La Lógica Transcursiva permite determinar cuál es el sustento psíquico de este aspecto subjetivo tan particular.

Palabras clave: creatividad, lenguaje universal, lenguaje natural, lenguaje convencional, sistemas reales, Lógica Transcursiva.

1. Introducción

El aproximarse al tema de la creatividad ha conducido, casi inevitablemente, por el tortuoso camino de la construcción de un sistema de categorías, baste como muestra: "Preparación – Incubación – Iluminación - Verificación" (Wallas, 1926); "Persona – Proceso - Producto" (Stein, 1968); "Campo – Dominio - Persona" (Csikszentmihalyi, 1988; 1996, p. 27); "Conocimiento – Propósito – Afecto" (Gruber & Bödeker, 2005, p. 20).

Inclusive, podríamos agregar algunas categorías propias: "Arte – Pasión – Oficio", pero, un magno fenómeno psíquico como la creatividad no es una cuestión de categorías, básicamente, porque discriminar adecuadamente los hechos es un acto de descubrimiento, tal como lo sugiriera Charles Peirce (Brunning – Foster, 1997, p. 193) y no la invención de una categoría como

---

[58] FFyL, UNCuyo

dice Jerome Bruner (2009, p. 7); como tampoco es aprender una *clase* como *concepto* para luego reconocer en ella los distintos objetos que la integran y mucho menos, que esto represente la forma más elemental y general de conocimiento para adaptarse al entorno. (Salatino, 2012, p. 257)

2. Categorías

Las *categorías* tienen un sustento mítico. ¿Por qué equiparo las categorías con un mito? Porque cumplen con las mismas funciones esenciales: a) *son explicativas*: ya que tratan de justificar o individualizar el origen, razón y causa de algún aspecto de la vida individual o social , b) *sirven de representantes afectivos*: al estar arraigadas al sujeto, funcionan como un asidero existencial y motivacional y c) *son pragmáticas*: por ser la base tanto de estructuras sociales como de determinadas acciones, con lo cual delimitan el por qué una situación se da de una determinada manera y no de otra.

Como parte del gran mito que constituyen las *categorías* se encuentran, entre muchas otras, las *categorías de identidad* y de *equivalencia*, que surgen, en todo caso, por no haber interpretado adecuadamente la alegoría implícita en otro mito: el de la caverna de Platón (2007).

La *identidad* como algo único es pura apariencia e ilusión. La realidad subjetiva opera simultáneamente con 'las sombras' y también con los ‘objetos’ que las producen, luego la *identidad* no es una categoría que identifique 'cosas', sino un ensamble complejo que da lugar a las interrelaciones indispensables para que se sustancie un hecho real.

El ser vivo en general y no solo el hombre, reconoce hechos y no cosas, y lo hace, no por ser idénticos o equivalentes entre sí, sino por la existencia, en primer

lugar, de un ‘lenguaje universal’ que estructura toda la realidad, sea esto un hecho o un ser vivo cualquiera y que permite a la postre, encontrarle ‘sentido’ a esa realidad subjetiva en los distintos planos de complejidad en que se dispone la vida y, en segundo lugar, de un ‘lenguaje natural’ que permite dejar constancia de tal sentido y comunicar dicha experiencia mediante un significado. Esta segunda instancia se da en tres niveles: i) *instintivo*: que con un lenguaje natural táxico atiende a la vida, para seguir vivos, ii) *emocional*: que con un lenguaje natural sígnico permite reconocer el entorno y iii) *emotivo*: que con su lenguaje natural simbólico, discrimina pulcramente los avatares sociales. (Salatino, 2009)

La visión anterior resuelve definitivamente la falta de correspondencia entre las categorías de equivalencia y las categorías lingüísticas; incongruencia que socava severamente los cimientos de las ciencias cognitivas al tener que, o bien interpolar para llenar el abismo que se abre entre ellas, o bien extrapolar para 'fabricar' un nuevo tramo del 'puente' que se pretende tender sobre dicho abismo para soslayarlo. Obviamente, jamás se lograron, ni se lograrán tales objetivos, no obstante la ciencia fabrica esto formalmente, inventando categorías, es decir, especificando arbitrariamente los atributos requeridos para que 'algo' forme parte de una clase, para lo cual se hace imprescindible la construcción de un lenguaje artificial *ad hoc* que asegure, sin lugar a dudas, que la categorización funcional que pueda surgir desde lo subjetivo, no entre en vigencia.

La definición formal de las *categorías* y del sistema que las sustenta, lleva como objetivo poder manejar todo este complejo simbólicamente y así lograr alguna representación de él. Esto hace que, frecuentemente, estas definiciones formales tengan poca relación con

aquello que supuestamente representan, o sea, no tienen muy en cuenta la falta de encaje que se suele producir entre las categorías especificas formalmente definidas y su contraparte empírica. Quizás este fenómeno tenga mayor relevancia en *psicología cognitiva*, ya que aquí, mediante este artilugio se definen conceptos, ideas, pensamientos y todo otro aspecto que hasta el mismo sentido común (aquel que fuera rechazado como motor de categorización) convalide como mental.

Sin dudas, la invención de las categorías, tiene que ver con lo que nuestra vida intelectual ha heredado del realismo ingenuo que defiende el dogma de la existencia de la verdad en la naturaleza. La ciencia al no resolver el enigma de cómo los eventos están agrupados en el mundo, inventa categorías para poder operar con él; en otras palabras, crea un sistema que permita una descripción del mundo acorde con su conveniencia.

La búsqueda de tal sistema se basa en los descubrimientos que se han hecho en diferentes campos donde los investigadores han recopilado información de las formas en que las personas usan el lenguaje para describir el mundo natural. De esta manera, fue relativamente sencillo encontrar el hilo que hilvana los diversos aspectos que abordan, tanto la ciencia tradicional como las ciencias sociales y humanísticas para llegar, guiados por esta 'brújula', a una explicación de nuestros problemas. Por supuesto que esta explicación no soluciona el problema de cómo agrupar el mundo, sino que, simplemente, aparenta disipar nuestras dudas.

Al inventar las categorías basadas en el lenguaje nos invade la sensación de tener un amplio manejo de la diversidad infinita que nos propone el mundo y por tanto todo el problema quedará resuelto cuando logremos una 'aproximación natural' al lenguaje, esto es, cuando

examinemos el lenguaje de una manera en la que no necesariamente debamos asumir una relación particular y precisa entre las palabras y los distintos aspectos del mundo real a los que se refieren. Todos resabios de la filosofía analítica, cuyo factor común es el análisis lógico del lenguaje, que, o bien puede ser reductivo al eliminar las ambigüedades inherentes al lenguaje ordinario creando un lenguaje ideal lógicamente perfecto, o bien puede ser parafrástico, volcando el análisis al lenguaje ordinario en busca de establecer reglas de su buen uso para evitar las 'trampas' a las que se ve sometido el pensamiento cada vez que el lenguaje no es bien usado.

Con todo lo anterior, en el mejor de los casos, podremos lograr una buena definición, pero con esto no es suficiente. Aristóteles nos enseñó que definir es tender a un límite, pero precisamente es en los límites alcanzados por la definición en donde nos aguardan las más incómodas ambigüedades.

3. Teoría

Por tanto, si pretendemos transitar por los senderos de la ciencia, toda definición de la creatividad deberá estar respaldada, indefectiblemente, por una teoría.

La propuesta hecha por Piaget en los años '50 del siglo pasado, tal vez sea la única que se aproxima a lo considerado en este trabajo. Esto es, la puesta en valor de mecanismos funcionales 'universales' como los responsables del desarrollo cognitivo que se daría como una progresión de una estructura básica a otra estructura más compleja. El surgimiento de una estructura novedosa sería la consecuencia directa de la integración de las características principales de un nivel anterior que se reorganizan, generalizan y proyectan a un nivel superior. Por otra parte, este esquema piagetiano tiene alto grado

de coincidencia con los mecanismos descritos como responsables de la filogénesis del sistema nervioso central y del lenguaje natural. (Salatino, 2009, 2012, 2013)

4. Creatividad y Lógica Transcursiva

Aclarado lo anterior, abordaremos la creatividad desde la Lógica Transcursiva (LT). En la realidad subjetiva, marco referencial de la LT, la creatividad es vista, simultáneamente, como un proceso biológico, como un fenómeno psíquico y como un hecho real. Trataremos de sistematizar estos tres niveles que muestran un grado de integración en todo coincidente con el sistema nervioso central que le da sustento.

La creatividad humana ya sea científica, artística o literaria surge de un sustrato común. Este sustrato lo constituyen los aspectos fundamentales que dan sustento a la realidad subjetiva; ese lenguaje universal (LU) que indica cuáles son los aspectos del comportamiento que una vez integrados mediante lo cognitivo afloran en la superficie como una conducta determinada.

A su vez, la creatividad puede ser equiparada a un verdadero lenguaje, en donde el LU ya mencionado de franco arraigo biológico se comportaría como su ‘aspecto sintáctico’. Un lenguaje natural (LN) (Salatino, 2012) caracterizador de los afectos que afianzan tanto lo volitivo como lo cognitivo en nuestra psiquis, haría las veces de su ‘aspecto semántico’. Por último, un lenguaje convencional (LC) habilitado para la comunicación en el medio sociocultural, respaldaría su ‘aspecto pragmático’.

Se debe distinguir creatividad de acto creativo. La primera es un verdadero enfoque semiótico de la inventiva, de la imaginación, de la inspiración, del talento, de la fantasía y

del genio; mientras que el último es solo su manifestación pragmática.

Los elementos fundamentales que definen a nivel superficial la estructura (la sintaxis) de este lenguaje que constituye la creatividad son: un *presentimiento* que se manifiesta como una *sensación* y una *noción* que implica un conocimiento elemental. Dispuestos en oposición quedan mediados por un cambio o transformación evidente: la *creencia* quien comparte los rasgos perceptuales y emocionales de la noción y la sensación. (Figura 1)

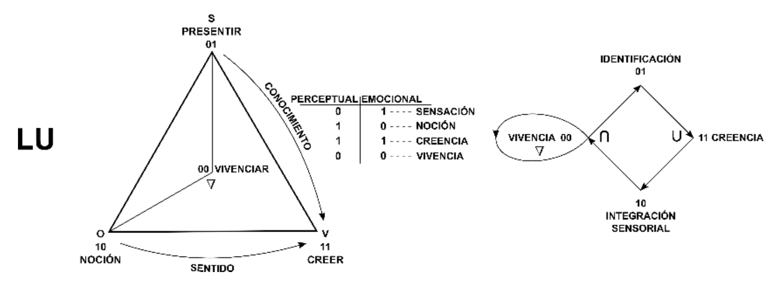


Fig. 1 PAU DEL LENGUAJE UNIVERSAL DE LA CREATIVIDAD

A nivel profundo u oculto tenemos un solo elemento: la *vivencia* que representa un conocimiento innato. Careciendo de las dependencias que implican la emoción o la percepción, se opone directamente al cambio superficial, la creencia. En definitiva, el LU queda definido por una oposición mediada por otra oposición. En lo superficial y en lo profundo es lo que permite conocer aquello que pudiera ser creado al establecer una relación entre la identificación específica de algo y una creencia y encontrarle sentido al contrastar esta creencia con el cúmulo de información provista por el sensorio.

Según la Figura 2 los elementos naturales que a nivel superficial definen la función (la semántica) del lenguaje genérico de la creatividad, son la *motivación* (el estímulo fomenta la creación) y la *aprehensión* (como asimilación inmediata de ideas), mediados por el cambio superficial que representa el *comprender* (Lo que proyecta una idea en una función: el pensar cognitivo, no el pensar lógico. Salatino, 2013, p. 180), quien abarca los aspectos estructurales y funcionales que caracterizan a la motivación y la aprehensión, respectivamente.

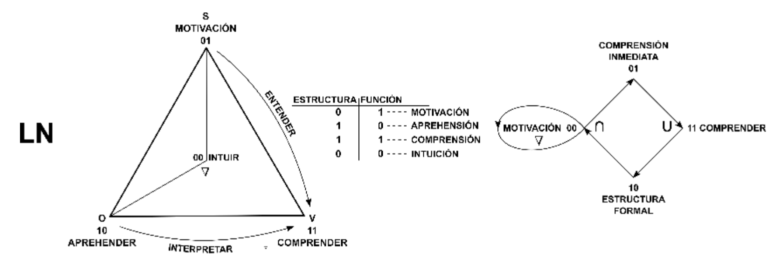


Fig. 2 PAU DEL LENGUAJE NATURAL DE LA CREATIVIDAD

De manera oculta tenemos como cambio o transformación profunda, la *intuición*[59], que sin representar una estructura ni una función, se opone en forma directa a la comprensión.

Se vuelve a cumplir en el LN el patrón universal de una oposición mediada por otra oposición que a nivel superficial, funcionalmente, posibilita el comprender al ligar la comprensión inmediata al pensamiento. Es así

59Proceso psíquico indirecto (Ibídem, p. 187) que conlleva la relación de una idea con un pensamiento. Es un ‘atajo’ para llegar superficialmente a la comprensión de un hecho sin elaborar pensamiento alguno.

como es posible también el entender[60] al poner en evidencia la relación existente entre una comprensión y una estructura formal pertinente.

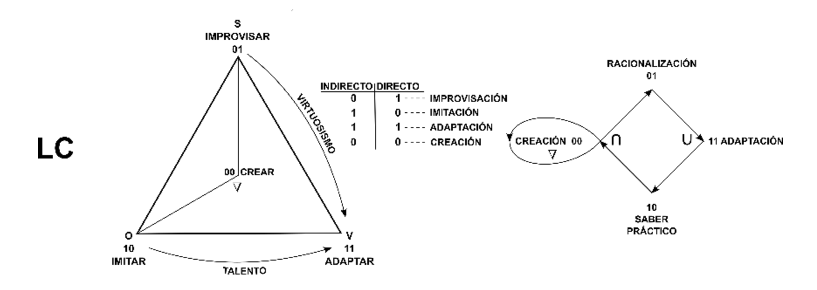


Fig. 3 PAU DEL LENGUAJE CONVENCIONAL DE LA CREATIVIDAD

Por último, en la Figura 3 vemos los elementos proyectivos superficiales que definen la praxis de la creatividad (el acto creativo): la *improvisación* y la *imitación*, mediadas por la *adaptació*n, que como transformación superficial tiene el carácter directo e indirecto del improvisar y del imitar, respectivamente. Como cambio profundo está la *creación*, que sin ser directa ni indirecta, se opone sin intermediarios a la adaptación. El LC de la creatividad (el crear propiamente dicho) repite el patrón universal, que pragmáticamente, da lugar tanto al talento de poder adaptar una imitación usando la razón (racionalización), como al virtuosismo al poder adaptar una improvisación haciendo un uso distintivo de un saber práctico.

Debemos destacar que la 'columna vertebral' del lenguaje genérico que representa la creatividad está en la estrecha

---

[60]Analizar la realidad subjetiva desde los distintos sistemas reales, para dejar plasmado un hecho real en una idea.

relación que existe entre los elementos profundos de sus tres componentes. Esto es: el *vivenciar* o la organización visceral del conocimiento mediante el LU. El *intuir* o la integración afectiva de los tres elementos básicos a través del LN; y el *crear* o la proyección social de los sentimientos y motivaciones con la ayuda del LC.

6. Conclusión

Hemos comprobado que la creatividad puede ser abordada semióticamente si se tiene en cuenta su origen: biológico, psíquico y sociocultural. Por otro lado, queda claro que las categorías esgrimidas para caracterizar lo creativo solo pueden poner de manifiesto y en forma insuficiente, los aspectos obvios y superficiales que cubren, por compromiso, el acto creativo.

La creatividad vista tal y como hemos propuesto, deja de ser un misterio para transformarse prácticamente, en el ‘lenguaje habitual’ que maneja nuestra psiquis. Esto deja, de alguna manera, un tanto descentradas las concepciones habituales que esgrime la psicología, la que apelando a meras categorías pretende ajustar ‘científicamente’ una caterva de conceptos que solo pueden, en el mejor de los casos, aproximarse con una burda imitación de este fenómeno psíquico.

REFERENCIAS

Bruner, J. S. et al. (2009). *A Study of Thinking* – New York, Wiley.

Brunning, J.; Foster, P. (1997). *The Rule of Reason – The Philosophy of Charles Sanders Peirce* – Toronto, University of Toronto Press.

Csikszentmilhalyi, M. (1988). *Motivation and creativity. Toward a synthesis of structural and energistic approaches to cognition*. New Ideas in Psychology, 6(2), pp. 159-176.

Csikszentmilhalyi, M. (1996). *Creativity. Flow and the Psychology of Discovery and Invention*. New York, Harper Collins Publishers.

Gruber, H. E.; Bödeker, K. (2005). *Creativity, Psychology and History of Science*. Netherlands, Springer.

Piaget, J. (1947-1975). *Psicología de la Inteligencia* – Buenos Aires, Editorial Psique.

Platón (2007) *Diálogos IV, República, Capítulo VII, p. 342*. Madrid, Editorial Gredos.

Salatino, D. R. (2009). *Semiótica de los sistemas reales* – Tesis Doctoral en Letras – Facultad de Filosofía y Letras – Universidad Nacional de Cuyo - Mendoza, Argentina.

Salatino, D. R. (2012). *Aspectos psico-bio-socio-culturales del lenguaje natural humano. Introducción a la teoría psíquica del lenguaje* - Mendoza, Argentina - Desktop Publishing, Amazon, ISBN: 978-987-33-2379-9.

Salatino, D. R. (2013). *Psiquis – Estructura y función* – Mendoza, Argentina – Autoedición. ISBN: 978-987-33-3808-3.

Stein, M. I. (1968). *Creativity*. En E. F. Borgatta, & W. W. Lambert (Eds.), Handbook of personality theory and research (pp. 900-942).

Wallas, G. (1949 – 1926). *The Art of Thought*. London, Watts & Co.
